



Universidad Nacional
SAN LUIS GONZAGA



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>



INFORME DE REVISIÓN

Se ha realizado el análisis con el software antiplagio de la Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", por parte de los docentes reponsables, al documento cuyo título es:

APLICACIÓN DE LA NORMA R.D. No.20-2011-MTC/14 PARA LA EVALUACIÓN DE LA CARRETERA PALPA – SARAMARCA, EN LA PROVINCIA Y DISTRITO DE PALPA, ICA

presentado por:

MARK ANTONY FLORES GONZALES

del nivel **PREGRADO** de la facultad de **INGENIERIA CIVIL** obteniéndose como resultado una coincidencia de **6.73%** otorgándosele el calificativo de:

APROBADO

Se adjunta al presenta el reporte de evaluación del software antiplagio.

Observaciones:

APROBADO LA EVALUACION DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE TESIS el cual se evidencia el Nivel de Similitud del 6.73% de conformidad a la R.R. 1668 - R - UNICA - 2020, art. 18.2

Ica, 22 de ~~Marzo~~ de 2021

MARTIN HAMILTON WILSON
HUAMANCHUMO
COORDINADOR
SOFTWARE ANTIPLAGIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

EDITH ISABEL GUERRA LANDA
ASESOR
SOFTWARE ANTIPLAGIO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“APLICACIÓN DE LA NORMA R.D. No.20-2011-MTC/14
PARA LA EVALUACIÓN DE LA CARRETERA PALPA –
SARAMARCA, EN LA PROVINCIA Y DISTRITO DE
PALPA, ICA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

BACH. MARK ANTONY FLORES GONZALES

ICA – PERÚ

2021

DEDICATORIA:

A mis padres

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por el esfuerzo, por ayudarme ser mejor persona, por su amor puro y verdadero. Y en especial a mi padre que desde cielo me cuida y me ilumina. **Gracias por todo.**

A mi familia

Por el apoyo incondicional y motivarme en los momentos difíciles.

Por último, pero no menos importante, pues sin él ninguno de nosotros existiera. Porque me permitiste llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de tu infinita bondad, sabiduría, paciencia y amor. **GRACIAS DIOS.**

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a mi alma mater Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, de Ica y en especial a mi **facultad de ingeniería civil**, por darme la oportunidad de realizar y concluir mis estudios y de esta manera poder servir a nuestra sociedad.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
ÍNDICE GENERAL	3
RESUMEN EN ESPAÑOL	6
RESUMEN EN INGLÉS	7
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	10
1.1. Antecedentes del problema de investigación.....	10
1.1.1. Antecedentes a nivel internacional.....	10
1.1.2. Antecedentes a nivel nacional.....	11
1.1.3. Antecedentes a nivel local.....	12
1.2. Bases teóricas de la investigación.....	12
1.2.1. Obras de Drenaje en una Carretera.....	12
1.2.2. Obras contra Inundaciones.....	15
1.2.3. Métodos de cálculo.....	17
1.2.4. Modelos Hidroinformáticos de aplicación.....	22
1.3. Marco legal.....	26
1.4. Marco conceptual.....	27
CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	29
2.1. Situación problemática.....	29
2.2. Formulación de problemas.....	30
2.2.1. Problema general.....	30
2.2.2. Problemas específicos.....	31
2.3. Delimitación del problema.....	31
2.3.1. Delimitación espacial o geográfica.....	31
2.3.2. Delimitación temporal.....	31
2.3.3. Delimitación social.....	32
2.3.4. Delimitación conceptual.....	33
2.4. Justificación e importancia de la investigación.....	33
2.4.1. Justificación.....	33
2.4.2. Importancia.....	34
2.5. Objetivos de investigación.....	34

5.2.2. Verificaciones hidrológicas de la zona de estudio	64
5.2.3. Determinación de los caudales de diseño	68
5.2.4. Verificaciones hidráulicas de las obras	78
5.2.5. Evaluación comparativa de las verificaciones realizadas	88
CAPÍTULO VI: COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS	90
6.1. Contrastación de hipótesis general	90
6.2. Contrastación de hipótesis específicas.....	90
6.2.1. Contrastación de la primera hipótesis específica	90
6.2.2. Contrastación de la segunda hipótesis específica	91
6.2.3. Contrastación de la tercera hipótesis específica.....	92
CONCLUSIONES	93
RECOMENDACIONES	94
FUENTES DE INFORMACIÓN	95
ANEXOS.....	98
Tablas, Cuadros y Gráficos.....	98
Panel Fotográfico	104

RESUMEN

Las evaluaciones de las obras de drenaje y contra inundaciones de una carretera, comprenden en primer lugar, las verificaciones preliminares de campo para comprobar el funcionamiento óptimo de las alternativas de solución en las zonas críticas como quebradas que se activan en época de avenidas y corren transversales a la carretera Palpa - Samarca, así como los tramos donde se han presentado desbordamiento del río y la destrucción de la carretera; por lo cual, se requiere determinar las causas que provocaron esta situación, luego se plantean probables soluciones a través de las propuestas de medidas estructurales o sistemas hidráulicos.

En segundo lugar, se lleva a cabo un estudio comparativo aplicando dos metodologías al diseño de cada una de las obras de drenaje y contra inundaciones identificadas, utilizando modelos hidro informáticos como son el HEC HMS, HEC RAS y RIVER, para las diversas etapas de las verificaciones.

En tercer término, se establecen medidas de mitigación para los peligros y vulnerabilidades detectadas en el tramo de la carretera, de tal forma que se logre identificar las mejores y posibles soluciones. Finalmente, se realiza el análisis de las alternativas de solución y se propone la más factible.

La investigación busca contribuir a la toma de decisiones para la operación y mantenimiento de la carretera Palpa – Samarca, para un servicio vial óptimo, seguridad y mejores condiciones de transitabilidad.

PALABRAS CLAVES: Drenaje en carreteras, obras contra inundaciones, vulnerabilidad en carreteras, defensas ribereñas.

SUMMARY

The evaluations of the drainage and flood works of a highway include, first of all, the preliminary field checks to verify the optimal operation of the alternative solutions in critical areas such as streams that are activated in times of floods and run cross to the Palpa - Saramarca highway, as well as the sections where the overflow of the river and the destruction of the highway have occurred; therefore, it is necessary to determine the causes that caused this situation, then probable solutions are proposed through the proposal of structural measures or hydraulic systems.

Secondly, a comparative study is carried out applying two methodologies to the design of each of the identified drainage and flood works, using hydrocomputer models such as the HEC HMS, HEC RAS and RIVER, for the various stages of the verifications.

Thirdly, mitigation measures are established for the dangers and vulnerabilities detected in the section of the road, so that the best and possible solutions can be identified. Finally, the analysis of the solution alternatives is carried out and the most feasible is proposed.

The research seeks to contribute to decision-making for the operation and maintenance of the Palpa - Saramarca highway, for optimal road service, safety and better passability conditions.

Keywords: Drainage on roads, works against floods, road vulnerability, river defenses.

UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“APLICACIÓN DE LA NORMA R.D. No.20-2011-MTC/14
PARA LA EVALUACIÓN DE LA CARRETERA PALPA –
SARAMARCA, EN LA PROVINCIA Y DISTRITO DE
PALPA, ICA”**

ÁREA DE CONOCIMIENTO:

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

VÍAS Y TRANSPORTE

AUTOR:

BACH. MARK ANTONY FLORES GONZALES

ASESOR:

ING. ALFREDO MIGUEL ALCÁZAR GONZALES

INTRODUCCIÓN

La investigación, tiene como temática principal los estudios sobre OBRAS DE DRENAJE Y CONTRA INUNDACIONES EN OBRAS VIALES, de lo cual se ha tomado la evaluación comparativa mediante la aplicación de dos metodologías numéricas y de simulación dinámica para cada una de las obras de drenaje y contra inundaciones en el tramo de carretera Palpa - Saramarca, tomando en cuenta las recomendaciones de la Norma R.D. N° 20-2011-MTC/14 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y los diversos estudios nacionales e internacionales sobre el tema.

Es así que en el Capítulo I se desarrolla el marco teórico que incluye antecedentes nacionales e internacionales de estudios similares, una sólida base teórica que incluye conceptos relacionados básicamente a la hidrología y a la hidráulica y; un marco conceptual con las definiciones básicas. En el capítulo II se hace el planteamiento del problema de investigación, se delimita el problema, se establece la justificación y la importancia de la investigación, se desarrolla los objetivos y las hipótesis de la investigación. El Capítulo III, trata las estrategias de investigación empleadas; mientras que en el capítulo IV, se consigna las técnicas e instrumentos para la recolección y procesamientos de los datos.

En el capítulo V, se realiza una amplia presentación e interpretación de los resultados de la investigación, así como la discusión de la misma. Mientras que en el capítulo VI, comprobamos tanto la hipótesis general como las tres hipótesis específicas. Finalmente, se fija las conclusiones y recomendaciones arribadas; así como, se describe las referencias bibliográficas empleadas y anexa parte de un material que dan soporte a la investigación realizada.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Presentamos a continuación, investigaciones nacionales e internacionales que sustentan la importancia de nuestra investigación.

1.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL

Carrión, H. y Orellana, C. (2016). En la tesis previa a la obtención del título de ingeniero civil titulada: “*Estudio del Sistema de Drenaje para la Vía Molleturo - Tres Marías - La Iberia, en la Provincia del Azuay - Ecuador*”, realizada “con el fin de analizar, calcular y dimensionar las principales estructuras que componen un sistema de drenaje, tales como: cunetas, cunetas de coronación, alcantarillas, su drenes y puentes...que se sustentan en las metodologías de Manning, Racional Americano y Soil Conservation Service [SCS], apoyado por los programas HEC-HMS y HEC-RAS. Llegando a las conclusiones que: “La solución integral al drenaje transversal se efectuó mediante la implantación de 110 alcantarillas dispuestas en: puntos bajos, presencia de quebradas, rellenos considerables y por cuestiones de control y mantenimiento. La simulación de crecida del río fue interpretada con modelización HECRAS para un flujo no estacionario, no permanente, de régimen mixto, ingresando para el resultado, 14 secciones de una franja de 265 m y 8% de pendiente a lo largo del cauce” (1).

Benavides, R. (2009) en su Tesis titulada: “*Análisis Comparativo del Proyecto Mejoramiento de la Ruta T-35, Los Lagos, Valdivia - Chile*”, donde expresa que: “El objetivo principal que propone el siguiente estudio consiste en obtener las razones por las que el Proyecto de Mejoramiento de la Ruta T – 35, se vio modificado. Se observa que una de las conclusiones es que: “Mediante este trabajo de titulación se comprueba la importancia que tiene para cualquier Proyecto Vial, la realización de un estudio acabado del Saneamiento del Camino; es decir se deben considerar todos los aspectos que influyen en la pronta y eficiente “evacuación de las aguas” que lleguen a la vía, ya sea por precipitación directa, infiltración, afluentes de aguas subterráneas, entre otros (2).

1.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL

Por otro lado, presentamos investigaciones nacionales que sustentan la importancia de nuestra investigación.

Castillo, E. (2017), en su Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil: “*Evaluación Hidrológica e Hidráulica de los Drenajes Transversales en la Carretera Cocahuayco – Cocachimba – Bongará - Amazonas*” se planteó como objetivo “evaluar el estado actual las estructuras de drenaje de la carretera tramo Cocahuayco-Cocachimba con la finalidad de determinar si las estructuras existentes cumplen con el diseño adecuado, aplicando metodologías GIS para el aspecto físico, el modelo Hec HMS para la evaluación hidrológica y el software Hcanales para el análisis hidráulico. Llegando a la conclusión que de: “la comparación entre estructuras existentes y estructuras diseñadas, se muestra claramente que la pendiente y el diámetro de todas las alcantarillas son el problema principal de sedimentación y la imposibilidad de limpieza por su diámetro reducido respectivamente. Así mismo, “se han obtenido que los diámetros sean modificados por alcantarillas de 36” y en las alcantarillas de paso encontradas en campo, sean reemplazados con pontones como estructura debido a caudal que pasa” (3).

Saldaña, P. (2014). En la tesis para optar el título de ingeniero civil titulada: “*Diseño de la Vía y Mejoramiento Hidráulico de Obras de Arte en la Carretera Loero-Jorge Chávez, inicio en el km 7.5, distrito de Tambopata, Región Madre de Dios*”; cuyo objetivo “es mejorar el camino vecinal con la finalidad de conectar adecuadamente a los pobladores de Loero y Jorge Chávez con la población de Puerto Maldonado y el resto del País, mediante un adecuado diseño de la vía, así como las obras de arte existentes en toda la ruta. Las perspectivas de mejorar dicha vía con el presente proyecto, beneficiaría a las comunidades circundantes a la zona del proyecto, así mismo dichas comunidades se dedican principalmente a la actividad agrícola y esta vía los beneficiaría para poder trasladar sus cosechas y aumentar el comercio en esta zona con la localidad de Puerto Maldonado y otras regiones. Una de las conclusiones menciona que se requiere “La construcción de 11 alcantarillas TMC de 36” y 72”, mejoramiento de alcantarillas de concreto armado, cunetas, las cuales permitirán solucionar el problema de drenaje y erosión; así mismo, la construcción de cunetas de sección triangular de 1.00x0.50 m. en todo el tramo (4).

Barreto, J. (2004). En su tesis para optar el título profesional de ingeniero civil denominada: “Control de Erosión en Obras de Drenaje Transversal de Carreteras Ubicadas en Zonas Andinas”. El objetivo principal fue “contribuir a lograr un mejor entendimiento y plantear medidas de control a los problemas de erosión en obras de drenaje transversal tan dañinas y comunes en las carreteras del Perú. Una de las conclusiones más importantes establece que: “Debido a la topografía de la zona Andina del país, muchas veces el trazo de las carreteras presenta curvas de vuelta, donde el flujo que sale de una obra de drenaje transversal llega a otra obra de drenaje transversal que se encuentra aguas abajo (sistema de estructuras conectadas), entonces las obras de drenaje transversal llevan un caudal acumulativo que incrementa el problema de erosión. Por lo tanto, si el terreno es estable (presenta vegetación) y el suelo puede soportar las velocidades del flujo se podría dejar que el flujo discorra libremente en forma laminar evitando que se concentre la erosión en una zona determinada. Si el terreno no es estable y no puede soportar altas velocidades, se debe llevar el flujo de una estructura a otra en forma ordenada a través de rápidas, tuberías, sistema de andenería, o el uso de geosintéticos (geomantas, biomantas, geoceldas), etc.” (5)

1.1.3. ANTECEDENTES A NIVEL LOCAL

No existen antecedentes de investigaciones similares a nivel local, siendo esta la primera en la localidad.

1.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN

Las Teorías que se van a utilizar para el desarrollo de la presente tesis se refieren en forma resumida a los siguientes tópicos:

1.2.1. OBRAS DE DRENAJE EN UNA CARRETERA

Según Guzmán Arias (Universidad Pontificia Bolivariana, 2012), “Se define sistema de drenaje de una vía como el dispositivo específicamente diseñado para la recepción, canalización y evacuación de las aguas que pueden afectar directamente a las características funcionales de cualquier elemento integrante de la carretera. Adicionalmente los sistemas de drenaje vial pueden estar localizados en zonas urbanas dentro de las ciudades, integrando los sistemas de alcantarillado pluvial o ingresando directamente al sistema de alcantarillado combinado” (6).

“En donde su diseño debe ir de la mano con la concepción y construcción de los sistemas de alcantarillado de la ciudad, prestando especial cuidado a los temas ambientales, mantenimiento, re densificación urbana, cambio frecuente de coeficientes de escorrentía, planes de ordenamiento territorial y vida útil de los sistemas” (6).

Caracterización de la problemática del drenaje

Sabemos que el agua que existe en la naturaleza, sea superficial y subterránea, siempre va a colisionar con el trazo de una carretera, por eso un buen diseño de una carretera, parte de una buena concepción y tratamiento de las obras de drenaje, esto ayuda en la conservación y vida útil de la vía. Los estudios de drenaje deben iniciarse desde la ubicación del trazo de la vía, en concordancia con las normas nacionales que exigen adecuadas obras de drenaje.

Tipos de flujo en drenajes

La eliminación del agua es un aspecto capital en el éxito o el fracaso de una infraestructura vial. Hay tres tipos de flujo a tratar en estos casos:

- a) Uno DIFUSO, sobre las superficies de la infraestructura, como plataformas o taludes.
- b) Otro CONCENTRADO, por los elementos longitudinales (cunetas, zanjas de coronación etc.) y por las obras transversales, a los cuales se les denomina Drenaje Superficial.
- c) Otro en MEDIOS POROSOS, como por las capas del firme, por las zanjas drenantes y por el cuerpo de los rellenos y de los desmontes, a este se le denomina Drenaje subterráneo.

Patología del drenaje

El análisis del drenaje, debería iniciarse con un reconocimiento del terreno en período de lluvia, de Manera de observar directamente las zonas de acumulación y escurrimiento de agua.

Un drenaje deficiente y la erosión asociada a él, serán la principal responsable de la interrupción de la vía y/o de altos costos de mantención y rehabilitación futura.

La principal recomendación en este caso, es minimizar la alteración del escurrimiento superficial y las zonas de descarga.

En caso de alteraciones, deben buscarse los mecanismos que aseguren el restablecimiento de las condiciones iniciales.

Adicionalmente la erosión afecta a los recursos naturales, contaminación de agua, pérdida de suelo superficial orgánico, pérdida de lugares de desove, etc.

Para prevenir los efectos de la erosión producida por el agua es importante conocer los elementos que la controlan:

- La energía proveniente de las fuerzas de erosión, que en este caso está dado principalmente por la velocidad del flujo, la cual se relaciona directamente con la pendiente.
- Las características del suelo. A medida que las partículas de suelo son más pequeñas y se encuentran sueltas, aumenta la posibilidad de que ellas sean arrastradas por el agua produciendo erosión.
- Vegetación. Árboles y plantas reducen el impacto del agua al caer, dan mayor firmeza al suelo y reducen la velocidad de escurrimiento.

Tipo de drenaje en carreteras

El sistema de drenaje, en general, está constituido por los siguientes elementos:

Drenaje superficial

Se analiza el flujo de escorrentía superficial que discurre sobre la carretera que luego de alcanzar el tiempo de concentración propio para la zona se inicia el escurrimiento, este flujo se incrementa con el flujo proveniente de los taludes de corte en la carretera. También se analiza el flujo de escorrentía superficial que provienen directamente de cauces naturales que afectan a la carretera, como ríos, quebradas, canales de riego, acequias, arroyos, etc.

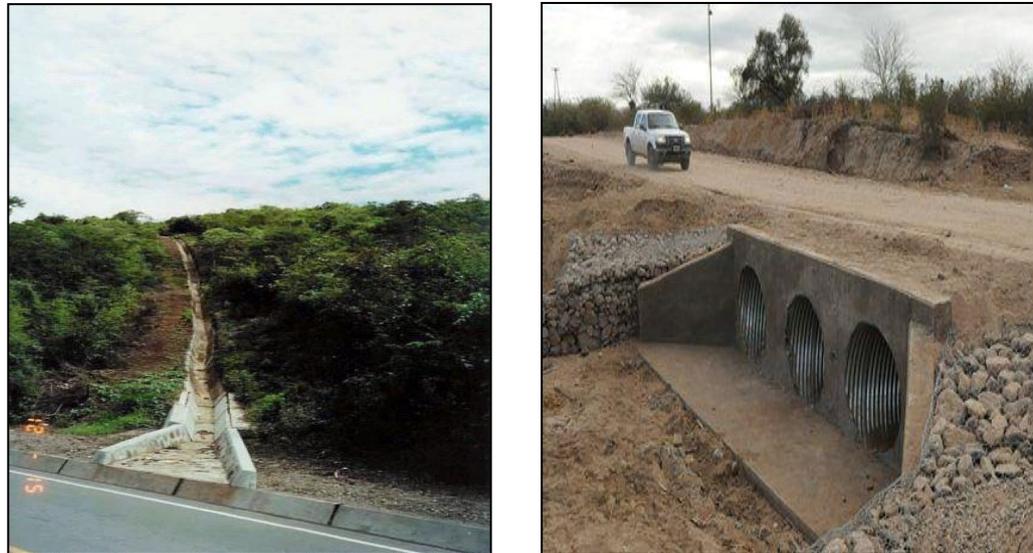
Drenaje superficial longitudinal

- Bombeo o pendiente transversal de la calzada.
- Cunetas.
- Zanjas de coronamiento y otros

Drenaje superficial transversal

- Alcantarillas.
- Canales, Cruces menores
- Badenes

Figura N°1.1.
Drenaje superficial longitudinal y transversal.



Fuente: <https://alcantarillas-metalicas.com/>

Drenaje subterráneo

Se establece para garantizar “la eliminación de aguas subterráneas en una carretera en zona de ciénagas, donde puede requerir la excavación del material que contiene agua y un reemplazo por material seleccionado que pueda drenar.

En general, se prevé drenaje subterráneo a través de la capa de base (material poroso) que es parte del pavimento, para asegurar una salida positiva del agua subterránea, pueden instalarse drenes interceptores o drenes transversales” (Céspedes, 2001) (7).

Pueden ser:

- Filtros longitudinales.
- Drenes de penetración transversal, capas drenantes, galerías, etc.

1.2.2. OBRAS CONTRA INUNDACIONES

El agua, recurso vital del planeta, provoca dos efectos sobre la tierra y su población. Primero, si esta falta provoca sequías y hambruna, así como genera conflictos. Segundo, si viene en cantidades extraordinarias, provoca inundaciones y desbordes de sus riberas de conducción generando destrucción y muerte. Este segundo caso, es el que se controla mediante obras hidráulicas contra inundaciones.

Son el conjunto de medidas tendientes a solucionar problemas generados por la energía erosiva del agua principalmente, para evitar o reducir la erosión lateral que se presenta en las márgenes de los ríos, y con mayor frecuencia en las orillas exteriores de las curvas. También, incluimos en esta definición a las obras hidráulicas para evitar el desbordamiento de avenidas extraordinarias por cambios climáticos, fenómenos meteorológicos o colapso de estructuras dentro de una cuenca hidrográfica. Pueden ser medidas agronómicas o estructurales.

Medidas agronómicas

Defensas Vivas Naturales

Son las mejores defensas contra inundación, constituidos por árboles y arbustos de buena densidad en ambas márgenes. Debe mantener un ancho entre 30 y 40m.

Defensas Vivas Forestadas

Está basado en la plantación de árboles y arbustos de raíces profundas. Se efectúa en sectores críticos como complemento a las defensas artificiales. El ancho será de 10 a 30 m.

Figura N°1.2.
Defensas vivas



Fuente: Manual del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) (8)

Medidas estructurales

Son medidas basadas en los principios de la ingeniería, tomándose en cuenta la hidrología e hidráulica fluvial. Consiste en la construcción de estructuras de tipo permanente y/o temporales.

Estructuras Permanentes

Su diseño requiere conocimientos y experiencia especializada. Se usan para prevenir y controlar la erosión desviando y encauzando el río. Podemos considerar diques de encauzamiento, enrocados o no, los muros de contención de concreto ciclópeo o armado y las losas de revestimiento.

Estructuras Temporales

Son estructuras construidas temporalmente para uno o varios periodos de avenida, con costos relativamente bajos. Podemos considerar a los Gaviones, colchones, espigones, terraplenes y las actividades de limpieza de cauce.

1.2.3. MÉTODOS DE CÁLCULO

En el diseño de obras de drenaje en carreteras, las que tienen mayor relevancia son las obras de drenaje transversal, que tienen como función permitir el paso de las aguas de una quebrada o cuenca, de un lado a otro de la vía. En esa medida, presentamos los métodos de cálculo hidráulico de las alcantarillas, cunetas y badenes.

Diseño de alcantarillas

Se define como alcantarilla, a la estructura cuya luz sea menor a 6.0 m y su función es evacuar el flujo superficial proveniente de cursos naturales o artificiales que interceptan la carretera.

La densidad de alcantarillas en un proyecto vial influye directamente en los costos de construcción y de mantenimiento, por ello, es muy importante tener en cuenta la adecuada elección de su ubicación, alineamiento y pendiente, a fin de garantizar el paso libre del flujo que intercepta la carretera, sin que afecte su estabilidad. La ubicación óptima de las alcantarillas depende de su alineamiento y pendiente, la cual se logra proyectando dicha estructura siguiendo la alineación y pendiente del cauce natural. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el incremento y disminución de la pendiente influye en la variación de la velocidad de flujo, que a su vez incide en la capacidad de transporte de materiales en suspensión y arrastre de fondo.

Diseño hidráulico

El cálculo hidráulico considerado para establecer las dimensiones mínimas de la sección para las alcantarillas a proyectarse, es lo establecido por la fórmula de Robert Manning para canales abiertos y tuberías, por ser el procedimiento más utilizado y de

fácil aplicación, la cual permite obtener la velocidad del flujo y caudal para una condición de régimen uniforme mediante la siguiente relación (9):

$$Q = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n} \quad (1.1)$$

Donde:

Q : Caudal (m³/s)

V : Velocidad media de flujo (m/s)

A : Área de la sección hidráulica (m²)

P : Perímetro mojado (m)

R : Radio hidráulico (m)

S : Pendiente de fondo (m/m)

n : Coeficiente de Manning (Ver Tabla N° 09) (MTC, 2011) (9)

Tabla N°1.1.
Valores del coeficiente de Rugosidad de Manning (n)

	TIPO DE CANAL	MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO
A. CONDUCTO, CERRADO CON ESCURRIMIENTO PARCIALMENTE LLENDO	A.1. METÁLICOS	a. Bronce Polido 0.009 b. Acero soldado con remaches 0.010 0.013 c. Metal corrugado 0.017 sub - dren 0.021 dren para aguas lluvias 0.021	0.010 0.012 0.016 0.019 0.024	0.013 0.014 0.017 0.021 0.030
	A.2 NO METÁLICOS	a. Concreto tubo recto y libre de basuras 0.010 tubo con curvas, conexiones 0.011 afinado 0.011 tubo de alcantarillado con 0.013 cámaras, entradas. Tubo con moldaje de acero. 0.012 Tubo de moldaje madera cepillada 0.012 Tubo con moldaje madera en bruto 0.015 b. Madera duelas 0.010 laminada y tratada 0.015 c. Albañilería de piedra. 0.018	0.011 0.013 0.012 0.014 0.017 0.012 0.014 0.017 0.025	0.013 0.014 0.014 0.017 0.020 0.014 0.016 0.020 0.030
B. CANALES REVESTIDOS	B.1 METAL	a. Acero liso sin pintar 0.011 pintado 0.012 b. Corrugado 0.021	0.012 0.013 0.025	0.014 0.017 0.030
	B.2 NO METÁLICO	a. Madera Sin tratamiento 0.010 Tratada 0.011 Planchas 0.012 b. Concreto afinado con plana 0.011 afinado con fondo de grava 0.015 sin afinar 0.014 excavado en roca de buena calidad 0.017 excavado en roca descompuesta 0.022 c. Albañilería piedra con mortero 0.017 piedra sola 0.023	0.012 0.012 0.015 0.017 0.020 0.022 0.025 0.032	0.014 0.015 0.018 0.015 0.020 0.020 0.030 0.035
C. BOCANADO		a. Tierra, recto y uniforme nuevo 0.016 grava 0.022 con algo de vegetación 0.022 b. Tierra, sinuoso sin vegetación 0.023 con malezas y pasto 0.025 maleza tupida, plantas 0.030 fondo pedregoso - malezas. 0.025 c. Roca suave y uniforme 0.025 irregular 0.035 d. Canales sin mantención maleza tupida 0.050 Fondo limpio, bordes con vegetación 0.040	0.018 0.025 0.027 0.025 0.030 0.035 0.035 0.040 0.040 0.050	0.020 0.030 0.033 0.030 0.033 0.040 0.040 0.050 0.120 0.080
D. CORRIENTES NATURALES	D.1. CORRIENTES MENORES (ANCHO SUPERF. < 30 m)	a. Ríos en planicies rectos, sin zonas muertas 0.025 con piedras y malezas 0.030 Sinuoso, vegetación y piedras 0.035 Sinuoso, vegetación y bastante pedregoso 0.045 Abundante vegetación, sinuoso. 0.075 b. Tormentes de montaña, sin vegetación, bordes abruptos. Árboles y arbustos sumergidos 0.030 Parcialmente en crecidas con piedras y 0.040 Focas rocas grandes rocas y piedras en el fondo.	0.030 0.036 0.045 0.050 0.100	0.033 0.040 0.050 0.060 0.150

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje MTC - 2011 (9).

a = Área de la cuneta en m², a plena sección.

Tabla N°1.2.
Valores del coeficiente de rugosidad

Tipo de material	n
Tierra ordinaria con superficie uniforme	0.02
Hierba (altura lámina de agua > 15 cm)	0.04
Hierba (altura lámina de agua < 15 cm)	0.06
Hierba espesa	0.10
Encachado con piedra rugosa	0.04
Encachado con piedra lisa	0.012

CUNETAS

$Q = \frac{AR^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}}{n}$ (MANNING)
 $Q = AC\sqrt{RS}$ (CHEZY)
 $C = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{n}$

CUADRO N° 2 Velocidades máximas admisibles en cunetas revestidas

Tipo de revestimiento	Velocidad (m/s)
- Mezclas asfálticas	3.0
- Mampostería de piedra	4.3
- Hormigón asfáltico o de cemento portland	4.5

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE,2019) (10)

Diseño de badenes

Las estructuras tipo badén son soluciones efectivas cuando el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que intercepta su alineamiento, porque permite dejar pasar flujo de sólidos esporádicamente que se presentan con mayor intensidad durante períodos lluviosos y donde no ha sido posible la proyección de una alcantarilla o puente. Los materiales comúnmente usados en la construcción de badenes son la piedra y el concreto, pueden construirse badenes de piedra acomodada y concreto que forman parte de la superficie de rodadura de la carretera y también con paños de losas de concreto armado.

Para el diseño hidráulico se idealizará el badén como un canal trapezoidal con régimen uniforme. Este tipo de flujo tiene las siguientes propiedades: a) La profundidad, área de la sección transversal, velocidad media y gasto son constantes en la sección del canal. b) La línea de energía, el eje hidráulico y el fondo del canal son paralelos, es decir, las pendientes de la línea de energía, de fondo y de la superficie del agua son iguales. El flujo uniforme que se considera es permanente en el tiempo. Aunque este tipo de flujo es muy raro en las corrientes naturales, en general, constituye una manera fácil de idealizar el flujo en el badén, y los resultados tienen una aproximación práctica adecuada (MTC, 2011) (9).

Diseño de obras de defensa ribereña. diques de encauzamiento

Cálculo de la Velocidad Máxima y el tirante máximo

Se calcula considerando el perfil normal, el mismo que permita el escurrimiento de las aguas y el transporte de acarreo. Deberá tomarse en consideración los tramos donde el río haya alcanzado su equilibrio. Podemos utilizar la fórmula de Manning – Strickler es:

$$V_m = K_s R^{2/3} S^{1/2} \quad (1.3)$$

Dónde:

- V_m = Velocidad Media (m/s)
- K_s = Coeficiente de rugosidad en función del tipo del lecho
- R = Radio Hidráulico
- S = Pendiente del tramo

Considerando valores de acarreo para secciones anchas $b > 30m$:

$$Q = b \times t (K_s \times t^{2/3} \times S^{1/2}) \quad (1.4)$$

$$t = \left[\frac{Q}{K_s \times b \times S^{1/2}} \right]^{3/5} \quad (1.5)$$

Dónde: t es el tirante de la máxima avenida en la sección

Tabla N°1.3.
Valores K_s para cauces naturales

Valores de K_s para cauces naturales	K_s
Cauces con fondo sólido sin irregularidades	40
Cauces de río con acarreo irregular	33 - 35
Cauces de ríos con vegetación	30 - 35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	30
Cauces de Río con fuerte transporte de acarreo	28

Fuente: Manual de Hidrología, Drenaje del MTC (9)

Altura del Dique de Encauzamiento

La altura que tendrá el Dique de Encauzamiento será:

$$H = t + BL; \quad BL = \phi e; \quad e = \frac{V^2}{2g} = \left[\frac{Q^2}{(2gA^2)} \right] \quad (1.6)$$

Dónde:

H – Altura del Dique (m)

t – Es el tirante de la máxima avenida en la sección (m)

BL – Borde Libre (m)

V – velocidad Media del flujo (m/seg)

ϕ – Coeficiente en función del caudal y pendiente

e – Energía de velocidad

Tabla N°1.4.
Coeficiente Φ para diferentes caudales máximos

Caudal máximo (m ³ /s)	Coeficiente (Φ)
3000 – 4000	2.00
2000 – 3000	1.70
1000 – 2000	1.40
500 – 1000	1.20
100 – 500	1.10

Fuente: Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas (Terán, 1998) (11)

1.2.4. MODELOS HIDROINFORMÁTICOS DE APLICACIÓN

Existen muchas herramientas modernas que sirven para mejorar la velocidad de los cálculos teóricos antes analizados, entre una de ellas son los modelos de simulaciones numéricas, con potentes salidas gráficas, a continuación, presentamos algunos de ellos:

a) **Modelo Hidroinformático HidroEsta**

HidroEsta, es una herramienta que facilita y simplifica los cálculos laboriosos, y el proceso del análisis de la abundante información que se deben realizar en los estudios hidrológicos.

Figura 1.4.
Imagen de presentación del software HidroEsta



Fuente: Manual Básico HIDROESTA versión 2.0 (12)

Entre sus principales capacidades, se puede mencionar:

- El cálculo de los parámetros estadísticos, para datos agrupados y no agrupados, tanto con momentos tradicionales o lineales.
- Evaluar si una serie de datos se ajustan a una serie de distribuciones: normal, gamma, log-normal, log-Pearson tipo III, Gumbel, y log-Gumbel, tanto con momentos ordinarios o lineales.
- Si la serie de datos se ajusta a una distribución, permite calcular por ejemplo caudales o precipitaciones de diseño, con un período de retorno dado o con una determinada probabilidad de ocurrencia.
- Realizar el análisis de una tormenta y calcular intensidades máximas, a partir de datos de pluviogramas
- También permite el cálculo de la precipitación promedio por los métodos promedio aritmético, polígono de Thiessen e isoyetas.
- Los cálculos de aforos realizados con molinetes o correntómetros.
- El cálculo de caudales máximos, con métodos empíricos (racional y Mac Math) y estadísticos (Gumbel y Nash).

- Cálculos de la evapotranspiración con los métodos de Thornthwaite, Blaney-Criddle, Penman, Hargreaves y cálculo del balance hídrico.

b) Modelo Hidro Informático HEC - RAS

El modelo Hec-Ras, ha sido desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers). El modelo numérico incluido en el programa permite realizar análisis del flujo permanente y no permanente unidimensional gradualmente variado en lámina libre.

Entre sus principales características técnicas se tiene:

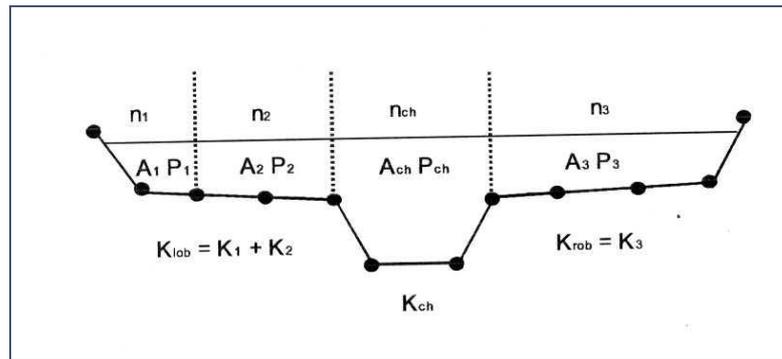
- Realiza el cálculo hidráulico incluyendo a varias estructuras (puentes, aliviaderos, alcantarillas, etc.).
- Permite la visualización gráfica de datos y resultados
- Permite la edición gráfica de secciones transversales.
- Trabaja para canales abiertos, en ríos y canales artificiales

La aplicación del modelo Hec-Ras es una modelación hidráulica que considera los efectos producidos por obstrucciones como puentes, alcantarillas, vertederos y otras estructuras, así como permite el manejo de crecidas, determinación de líneas de ribera, estudio de seguridad contra inundaciones y el cálculo tanto en flujos subcríticos y supercríticos.

HEC-RAS contiene tres tipos de análisis unidimensional:

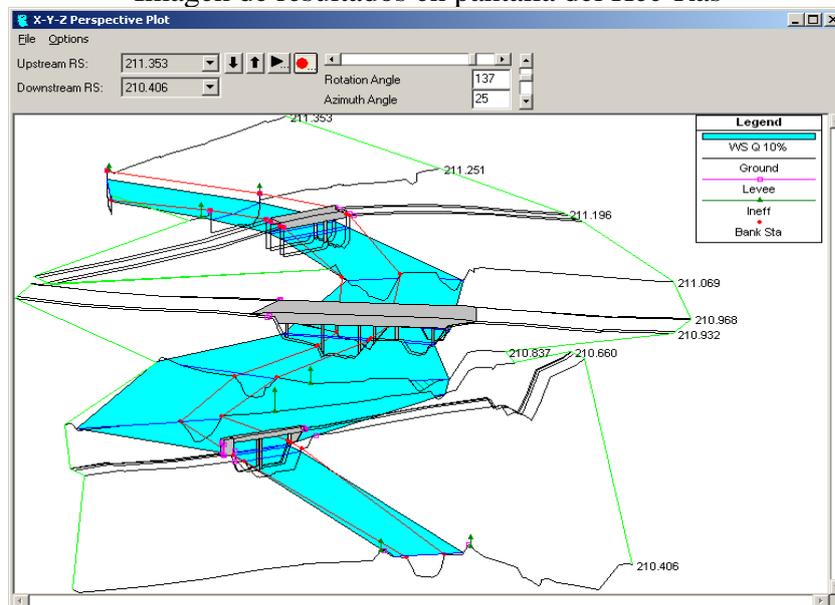
- Análisis permanente para el cálculo de perfiles de agua en régimen uniforme y gradualmente variado.
- Simulación para régimen no permanente.
- Cálculo de transporte de sedimento para lechos móviles y Cálculo de contaminantes
- Utiliza la fórmula de Manning para el cálculo del tirante, pero en secciones transversales compuestas, incluye las rugosidades compuestas:

Figura N°1.5.
Tirante en secciones transversales compuestas



Fuente: Manual de Hec-Ras y Geo HecRas (13)

Figura 1.6.
Imagen de resultados en pantalla del Hec-Ras



Fuente: Manual de Hec-Ras y Geo HecRas (13)

c) Modelo Hidro Informático River

Elaborado por el Ing. Emilse Benavides C. y administrado por la Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales de la Autoridad Nacional de Agua (ANA), permite determinar los caudales de diseño por modelos probabilísticos estadísticos, tales como Log Normal, Gumbel y Log Person III, todo ello cuando se cuente con información histórica de caudales de una estación hidrometereológica certificada. Cuando no se cuente con información estadística, se pueden utilizar los métodos empíricos, tales como el método de Mac Math y el caudal instantáneo por la fórmula de Fuller.

Así mismo, calcula defensas enrocadas laterales como son los diques de encauzamiento y estructuras hidráulicas perpendiculares al flujo como los espigones. Previamente verifica el ancho estable, las condiciones geométricas, los materiales del fondo y la orilla y las profundidades de socavación y erosión.

También tiene un módulo para la determinación de los parámetros hidráulicos en canales, por varios métodos de cálculo.

Figura N°1.7.
Presentación e pantalla del software Hidro Informático River



Fuente: Manual del Modelo Hidrológico RIVER (ANA,2007) (14)

1.3. MARCO LEGAL

- Ley de los Recursos Hídricos: Ley N° 29338 dl 23 de marzo del 2009. Promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos por lo cual se seguirán los lineamientos de esta.
- Resolución RD N°20-2011-MTC/14 – Ministerio de Transportes y Comunicaciones donde aprueba el *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. De la cual se obtiene datos relevantes de este manual para canales sin revestimiento asimismo para el posterior cálculo de ellos y comparación.
- Manual Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico. Resolución de fecha jueves 01 enero de 2011. La cual se toma como base para el mejoramiento de canales a este manual de diseño, ya que el Perú carece de una normativa técnica para el diseño de canales, asimismo este manual es

usado por muchos ingenieros ya que es importante para el diseño para lo cual se utilizará el Anexo 1

- *United State Bureau of Reclamation* (USBR), oficina de asuntos públicos que administra desarrolla y protege el agua y sus recursos relacionados de una manera ambiental y económicamente sana en interés del público estadounidense. Allí se menciona parámetros básicos para la utilización del software Hec-Ras las cuales deben ser cumplidas para el correcto calculo y efectividad del programa computacional por lo cual es de suma importancia para el análisis hidráulico en las obras de conducción.

1.4. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se muestra algunos conceptos comunes empleados en lo extenso de la investigación.

Norma. Principio que se impone o se adopta para dirigir la conducta o la correcta realización de una acción o el correcto desarrollo de una actividad. Regla jurídica.

Evaluación. Atribución o determinación del valor de algo o de alguien. Valoración de conocimientos, actitud y rendimiento de una persona o de un servicio.

Carretera. Vía de comunicación, generalmente interurbana, proyectada y construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles.

Río. Se trata de una corriente natural de agua continua que desemboca en otra similar, en un lago o en el mar. Cuando un río desemboca en otro, se lo conoce como afluente.

Hidrología. Disciplina que se ocupa especialmente de estudiar la distribución espacio temporal y las propiedades de las aguas subterráneas y las continentales. Dentro de este vasto y amplio objeto de estudio de aguas, se incluyen a las precipitaciones, la humedad que proviene del suelo, la escorrentía, que es aquella lámina de agua que transita por una cuenca de drenaje, las masas glaciares y la evatranspiración, que consiste en la pérdida de humedad que padece una superficie y está asociada a la transpiración de la vegetación.

Hidráulica. Rama de la física que se dedica al análisis del movimiento y del equilibrio de los fluidos. Técnica de conducir, contener, elevar y aprovechar las aguas.

Estructura. Puede tratarse de la distribución y el orden de las partes principales de un edificio o de una casa, así como también de la armadura o base que sirve de sustento a la construcción.

Defensa ribereña. Estructuras construidas para proteger de las crecidas de los ríos las áreas aledañas a estos cursos de agua. La protección contra las inundaciones incluye tanto los medios estructurales como los no estructurales, que dan protección o reducen los riesgos de inundación.

Drenajes. Operación de dar salida al agua estancada, o a la excesiva humedad de un terreno, por medio de las instalaciones adecuadas.

Inundaciones. Es el acto y la consecuencia de inundar: cubrir de agua u otro líquido. El concepto suele emplearse cuando el agua cubre una zona que habitualmente está seca. Las inundaciones pueden producirse por una lluvia torrencial, el desborde de un río, una subida extraordinaria de la marea o un tsunami.

Badén. Acequia, zanja, trinchera o canalillo en que se forma en el terreno en el paso de las corrientes de aguas lluvias. Barranquera y conducto empedrado en que se hace en una carretera para dar paso a un caudal corto de agua. Barranco o precipicio que está en la superficie del camino o de una carretera.

Alcantarilla. Conducto subterráneo construido para recoger el agua de la lluvia y las aguas residuales de una población. Abertura situada en el suelo de la calle y a menudo cubierta por una rejilla, por donde se sumen el agua de la lluvia y las aguas residuales que van a las alcantarillas o cloacas.

Cunetas. Zanjas que se hacen a ambos lados del camino con el propósito de recibir y conducir el agua pluvial de la mitad del camino (o de todo el camino en las curvas), el agua que escurre por los cortes y a veces la que escurre de pequeñas áreas adyacentes.

Dique. Muro artificial hecho para contener la fuerza de las aguas o del oleaje. Dique. Un dique es un terraplén para evitar el paso del agua, puede ser natural o artificial, por lo general de tierra y paralelo al curso de un río o al borde del mar.

Socavón. Hundimiento que se produce en el suelo, generalmente por haber una corriente subterránea o algún espacio hueco bajo tierra. Galería u hoyo grande socavado en la ladera de un monte o en otro sitio.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

“Los fenómenos naturales pueden ser de origen natural o inducidos por el hombre, estos últimos, representan una amenaza y pueden alcanzar la escala de desastre cuando produce daños y/o pérdidas, un desastre no es un proceso puramente natural, sino que es un evento natural o inducido que ocurre donde hay actividades humanas, la probabilidad de ocurrencia de un desastre puede ser clasificada como baja, media o alta, se debe conocer el grado de respuesta ante el mismo, y para cada una de ellas deben existir dispositivos que aumenten esta capacidad de respuesta. Estas medidas de mitigación pueden ser estructurales, las cuales dan protección ante un peligro” (Palma Colindres, 2012) (15).

“Los desastres en carreteras pueden ser de origen natural, antrópicos inducidas por alteraciones al estado natural, cada uno de éstos tiene efectos sobre la infraestructura, los cuales deben ser clasificados según su origen y evaluados los daños, para diseñar medidas de mitigación que sean económicamente factibles” (Palma Colindres, 2012) (15).

En nuestro caso, la carretera Palpa a Saramarca ha sufrido constantemente fenómenos de procesos de erosión y socavación, producto principalmente de las avenidas de las quebradas y pequeñas riadas que corren transversal a la carretera, en algunos casos con bastante amplitud y en otros casos quebradas angostas, pero de gran pendiente, lo cual ocasiona daño constante a la vía.

Por otro lado, en algunas de las márgenes se ha producido el desbordamiento del río, pero con mayor intensidad en el tramo comprendido entre los kilómetros 12+920 al 13+140, esto producto de fenómenos climáticos extremos, pero también por acción humana, ya que la carretera se acerca peligrosamente al río.

Las zonas con material coluvial y donde se han introducido acciones humanas dentro de la faja marginal son las más propensas a inundaciones, erosión y socavación, pero también inciden la composición del suelo y la cercanía de la carretera al río Viscas, que en varios tramos se acerca a la vía socavando la base de las laderas.

Todos estos factores, a veces coinciden y provocan desastres como el acaecido en año 2017 donde el tramo señalado anteriormente fue inundado y erosionado por las aguas del río.

Una de las medidas, para iniciar los trabajos de identificación del peligro, es la zonificación de los tramos críticos y otra la evaluación por métodos comparativos, de todas las quebradas que pueden activarse, que nos permitan conocer la mejor alternativa de drenaje para cada caso.

“Las estructuras del drenaje transversal son fundamentales para el control y manejo efectivo del agua en una vía. El principal objetivo del drenaje vial es reducir al máximo la cantidad de agua en la vía, de manera de dar salida rápida al agua que llega a la vía. Por lo cual proveer de un buen sistema de drenaje es uno de los factores más importantes en un proyecto vial.” (Castillo A, 2017) (3).

2.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMAS

Todos estos factores, a veces coinciden y provocan desastres como el acaecido en año 2017 donde el tramo señalado anteriormente fue inundado y erosionado por las aguas del río. Una de las medidas, para iniciar los trabajos de identificación del peligro, es la zonificación de los tramos críticos y otra la evaluación por métodos comparativos, de todas las quebradas que pueden activarse, que nos permitan conocer la mejor alternativa de drenaje para cada caso.

2.2.1. PROBLEMA GENERAL

“Las estructuras del drenaje transversal son fundamentales para el control y manejo efectivo del agua en una vía. El principal objetivo del drenaje vial es reducir al máximo la cantidad de agua en la vía, de manera de dar salida rápida al agua que llega a la vía. Por lo cual proveer de un buen sistema de drenaje es uno de los factores más importantes en un proyecto vial.” (Castillo A, 2017) (3).

En esa medida, se plantea el siguiente **problema de investigación**:

¿Cómo la aplicación de la norma R.D. No.20-2011-MTC/14 influye en la evaluación de la carretera Palpa – Saramarca, en la provincia y distrito de Palpa, Ica?

2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

Una forma de describir mejor el problema principal, es establecer **problemas específicos** donde se resalten las dimensiones y los indicadores que tienen mayor incidencia en la investigación.

Primer problema específico

¿En qué medida influye la aplicación de la norma R.D. No.20-2011-MTC/14 en la evaluación de las obras hidráulicas de drenaje y contra inundaciones de la carretera Palpa – Saramarca, provincia y distrito de Palpa, Ica?

Segundo problema específico.

¿En qué medida influyen los métodos de cálculo hidráulico e hidrológico en la evaluación de las obras de drenaje y contra inundaciones para la evaluación de la carretera Palpa – Saramarca, provincia y distrito de Palpa, Ica?

Tercer problema específico.

¿En qué medida influyen las medidas de mitigación y seguridad en la evaluación de las obras de drenaje y contra inundaciones de la carretera Palpa – Saramarca, provincia y distrito de Palpa, Ica?

2.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

2.3.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL O GEOGRÁFICA

La investigación se inicia en la progresiva 0+000, inmediatamente después de la curva que desarrolla la Panamericana Sur en el Km 401 al culminar el Puente Viscas, que es el punto inicial de la carretera a Saramarca, comprensión territorial del distrito y provincia de Palpa – región Ica.

Esta vía, corre paralela al río Viscas y se inicia en el km 401 de la Panamericana Sur en la cota 380.62 m.s.n.m. (Km 0+000.00) hasta la cota 520.55 m.s.n.m. (Km 13+140), que será el tramo en evaluación de la presente investigación.

2.3.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL

La Investigación, entre la fase de evaluación explorativa, comparativa, definitiva y elaboración de informe final; se desarrolló durante doce meses de los años 2019 y 2020.

2.3.3. DELIMITACIÓN SOCIAL

De acuerdo con los resultados del censo 2017, la provincia Palpa es la menos poblada de la región Ica, con 13 mil 232 habitantes (1,6%). En el periodo intercensal 2007-2017, se observa que la menor tasa de crecimiento promedio anual de la región es Palpa (0,3%) (16).

Tabla N°2.1.
Ica: Población censada y tasa de crecimiento promedio anual, según provincia 2007 – 2017.

Provincia	2007		2017		Variación Intercensal 2007-2017		Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	
Total	711 932	100,0	850 765	100,0	138 833	19,5	1,8
Ica	321 332	45,1	391 519	46,0	70 187	21,8	2,0
Chincha	194 315	27,3	226 113	26,6	31 798	16,4	1,5
Nasca	57 531	8,1	69 157	8,1	11 626	20,2	1,9
Palpa	12 875	1,8	13 232	1,6	357	2,8	0,3
Pisco	125 879	17,7	150 744	17,7	24 865	19,8	1,8

Fuente: INEI Censos Nacionales de población y vivienda 2007 - 2017 (16)

Por otro lado, la provincia de la región con menor población urbana es Palpa (0,9%) y en el área rural la menos poblada también es Palpa (9,8). Los resultados del censo 2017, en el departamento de Ica revelan que el 92,4% de la población pertenece al área urbana y el 7,6% corresponde al área rural. La población urbana a nivel de cada provincia, Palpa (52,2%) registra el menor porcentaje. En el área rural, la población de Palpa (47,8%), presentan el porcentaje más alto (16).

Según resultados del censo 2017, en el departamento de Ica, la Población en Edad de Trabajar de 14 y más años de edad ha registrado 632 mil 667 personas, las cuales representan el 74,4% de la población total (16).

Las provincias cuya tasa de participación superan el promedio del departamento (74,4%) son Ica (75,9%), Nasca (75,5%) y Palpa (75,1%). Comparando con el censo 2007, la provincia de Palpa registró el incremento más bajo de la PET, pasó de 9 mil 592 personas en 2007 a 9 mil 940 en el 2017, lo que significó un aumento de apenas 348 personas (16).

La Agricultura es la base de la economía de la provincia. En ella se distingue los cultivos de naranja (producto tradicional), algodón, frutales, ají, productos de panllevar, etc. En los últimos años se han instalado plantas procesadoras de productos vegetales. El Turismo aún es muy limitado, pero con un enorme potencial ya que muy cerca de la

ciudad de Palpa y alrededores hay importantes restos arqueológicos, ciudadelas preincas y figuras geométricas (similar a las Líneas de Nazca).

La carretera Panamericana sur atraviesa la provincia, comunicado con sus similares de Ica y Nasca. Así también, existen vías carrozables al interior de los anexos y poblados de la provincia y otros que comunican con comunidades de la sierra tanto de la Región Huancavelica como de Ayacucho. Precisamente, la carretera carrozable Palpa – Saramarca, no sólo es utilizada por los agricultores de la zona, sino también, se extiende para comunicar a Palpa con Ocaña en la región Ayacucho.

2.3.4. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL

Para el estudio se recurrirá a los conceptos de Hidrología e Hidráulica. En este ámbito, se encuentra las teorías concernientes a diseño de canales, badenes, cunetas, alcantarillas, drenajes, diques, entre otros; que están definidos en el marco conceptual. Para la evaluación de la carretera, emplearemos también conceptos de Caminos, Estructuras y Topografía.

2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

2.4.1. JUSTIFICACIÓN

Las precipitaciones durante los meses de diciembre a marzo se intensifican trayendo como consecuencia desbordes de los ríos y la activación de quebradas estacionales, que ocasionan daños a la propiedad, en infraestructura de servicio como las carreteras, e incluso con pérdidas de vidas humanas.

Estas precipitaciones han ido variando en los últimos años por acción del cambio climático, produciendo alteraciones en el ciclo hidrológico, de tal forma que se han producido precipitaciones en las cuencas bajas, como el caso del río Viscas y otros de la costa peruana.

En un proyecto de obras viales, la parte que comprende el diseño de las obras de drenaje y obras de arte, si bien es cierto que son de vital importancia en el costo de la obra, parte de un dato más importante que el caudal máximo, factor clave en el diseño y de suma importancia en un proyecto de obras viales, es un parámetro que se obtiene sobre la base de la geomorfología de la cuenca y sub cuencas, del tipo de suelo, condiciones climáticas, etc., es decir mediante la conjunción de la relación agua – suelo – clima y la hidrología, de manera que cuando se trata de una planificación de obras hidráulicas de drenaje, el diseñador tendrá una visión más amplia y será más eficiente.

“Una carretera no solo exige un adecuado planeamiento económico y la selección más conveniente de la ruta y materiales de construcción a emplear, sino también el diseño racional de las estructuras de drenaje que sean capaces de desalojar en todo momento y en forma eficiente el exceso de agua superficial en cualquier tramo de la carretera, así como evitar que el agua subterránea pueda comprometer la estabilidad de la base, de los terraplenes o cortes del camino. También es conocido desde muchos años atrás, que el agua acelera el deterioro y destrucción de pavimentos. Entonces, es necesario un buen sistema de drenaje” (Barreto, 2004) (5).

2.4.2. IMPORTANCIA

La importancia de la presente investigación se identifica en que se puede lograr una transitabilidad segura en el tramo de la carretera antes mencionada, además conociendo la zona, la gente transita a pie por la vía, incluso conduciendo ganado del cual viven.

Garantizar la seguridad de la carretera, significa evitar accidentes y muertes en primer lugar, luego las personas pueden obtener ayuda pronta en cuanto a salud y emergencias medidas, tercero pueden comerciar libremente en toda época del año y finalmente el estar conectados a la costa brinda posibilidades de mejora en educación y cultura.

Una evaluación comparativa de las obras de drenaje y contra inundaciones, es un instrumento dirigido a incorporarse a la planificación de los proyectos de carreteras. Este estudio pretende responder a una determinada realidad y a un contexto específico.

Por lo tanto, lo que se pretende describir son las características para el análisis, los métodos que pueden ser aplicables y las medidas a implementar posteriormente, los cuales pueden ser utilizado como base para estudios similares.

2.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

Se pueden identificar los siguientes:

2.5.1. OBJETIVO GENERAL

De acuerdo a lo expresado en los ítems anteriores, se plantea el siguiente objetivo general:

Realizar la evaluación hidrológica e hidráulica para el mejoramiento de la eficiencia hidráulica en el sistema de riego Ancarpampa, distrito de Chipao, provincia de Lucanas, región Ayacucho.

2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Por lo tanto, los objetivos específicos que se buscara cumplir en la presente tesis serán:

Primer objetivo específico.

Identificar las obras hidráulicas de drenaje para evaluar hidrológica e hidráulicamente la carretera Palpa – Saramarca.

Segundo objetivo específico.

Aplicar los métodos de cálculo más eficaces para diseñar las obras de drenaje y contra inundaciones para mejorar el diseño de la carretera Palpa – Saramarca.

Tercer objetivo específico.

Plantear las medidas de mitigación adecuadas para garantizar la seguridad en la carretera Palpa – Saramarca, distrito de palpa, Región Ica.

2.6. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

2.6.1. HIPÓTESIS GENERAL O PRINCIPAL

La hipótesis general es:

La aplicación de la norma R.D. No.20-2011-MTC/14, influye en la evaluación de la carretera Palpa – Saramarca, en la provincia de Palpa, distrito de Palpa, Región Ica.

2.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Luego, se plantean las Hipótesis específicas siguientes:

Primera hipótesis específica.

La realización de los estudios topográficos y de hidrología e hidráulica inciden en la evaluación de las obras de drenaje y contra inundaciones de la carretera Palpa - Saramarca.

Segunda hipótesis específica.

La aplicación de los métodos de cálculo más eficaces en el diseño de las obras de drenaje y contra inundaciones incide en la mejora del diseño de la carretera Palpa – Saramarca.

Tercera hipótesis específica.

Las medidas de mitigación más adecuadas determinan la seguridad en la carretera Palpa – Saramarca, distrito de Palpa, Región Ica.

2.7. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

2.7.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

a) De la hipótesis general.

- Variable Independiente X: Norma RD N° 20-2011-MTC/14.
- Variable Dependiente Y: Evaluación de la Carretera Palpa – Saramarca.

b) De las hipótesis específicas

Primera hipótesis específica.

- Variable Independiente X₁: Estudios topográficos, hidrológicos e hidráulicos.
- Variable Dependiente Y₁: Evaluación de las obras de drenaje y contra inundaciones.

Segunda hipótesis específica.

- Variable independiente X₂: Métodos de cálculo en el diseño de las obras de drenaje y contra inundaciones.
- Variable dependiente Y₂: Carretera Palpa – Saramarca.

Tercera hipótesis específica

- Variable independiente X₃: Medidas de mitigación.
- Variable dependiente Y₃: Carretera Palpa – Saramarca.

2.7.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La Operacionalización de las variables, se muestran en la matriz que se detalla a continuación.

Tabla 2.2
Matriz de Operacionalización de variables.

Variables	Definiciones	Dimensiones	Indicadores	Índices
Variable X: Norma RD N° 20-2011-MTC/14.	Principio que se adopta para dirigir el correcto uso del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenajes del Perú en la construcción y mantenimiento de carreteras.	Hidrología, Hidráulica y Drenajes	Unidades hidrográficas Caudal Cantidad de drenes	Número m ³ /seg. Número
Variable Y: Evaluación de la carretera Palpa - Saramarca.	Valoración del rendimiento de la carretera y que es sometida a fenómenos naturales como lluvias, inundaciones y esfuerzos mecánicos.	Tramo de carretera	Longitud Pendientes Coordenadas Ancho de vía	Km. Grados N-S-E-O. metros
Variable X₁:	El <i>estudio topográfico</i> es un	Levantamiento	Cotas	Coord. UTM.

Estudios topográficos, hidrológicos e hidráulicos.	<p>conjunto de acciones realizadas sobre un terreno con herramientas adecuadas para obtener una representación gráfica o plano.</p> <p>Los <i>Estudios Hidrológicos</i> permiten conocer los caudales máximos de avenida a partir del conocimiento del régimen de lluvias máximas y la caracterización del territorio.</p> <p>El <i>Estudio Hidráulico</i> determinará el comportamiento hidráulico de los cauces a su paso por la zona de estudio, de modo que se compruebe la idoneidad de la sección del cauce en caso de avenida.</p>	de información topográfica, hidrológica e hidráulica	Desniveles Pendientes Calidad del suelo, Perfil Curso de ríos Curso de agua de lluvia Precipitaciones promedio Inundaciones Badenes Cunetas Alcantarillas Diques Defensas Ribereñas Obras de arte	Grados. % Clase N° cursos N° cursos mm ³ /año N° N° N° N° m ² m ² N°
Variable X₂: Métodos de cálculo en el diseño de las obras de drenaje y contra inundaciones.	Método que permite cuantificar el riesgo que se asume en el diseño de una red de drenaje que incluya frecuencia de inundación frente al diseño en función del periodo de retorno de la lluvia caída, correspondencia directa entre periodo de retorno de una lluvia y periodo de retorno de la respuesta de la red de drenaje, definición y uso de las lluvias e; incertidumbre en el cálculo hidrológico e hidráulico.	Métodos matemáticos, informáticos, estadísticos y probabilísticos: Modelo HidroEsta Modelo hidro informático HEC – RAS. Modelo hidro informático RIVER	Fórmula de Manning, Manning – Strickler. Distribución estadística norma, log-normal, log-Pearson, tipo III, Gumbel y log-Gumbel. Promedio aritmético, polígono de Thiessen e isoyetas. Cálculo de evatranspiración: Método de Mac Math. Fórmula de Fuller	m ³ /seg. N° de registros R = [0.01, 0.99] Periodo (años) Probabilidad (N°) TxR. (N°) Desviación Estándar.
Variable X₃: Medidas de mitigación.	Constituyen el conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que deben acompañar el uso de la carretera, a fin de asegurar el uso sostenible y la protección del medio ambiente.	Acciones de mitigación	Obras de drenaje. contra inundaciones Construcción y/o reparación de defensas ribereñas, diques, badenes, cunetas, drenes y alcantarillas. Disminución de tala de árboles.	N° Acciones correctivas.

			Limpieza de cauces, badenes, alcantarillas, cunetas y acequias	
Variable Y₁: Evaluación de las obras de drenaje y contra inundaciones.	Valoración del rendimiento de la vía de comunicación, construida fundamentalmente para la circulación de vehículos y que es sometida a fenómenos naturales como lluvias, inundaciones y esfuerzos mecánicos.	Deterioro de la vía, drenajes, alcantarillas y badenes.	Grado de deterioro	Alto Medio Bajo
Variable Y₂: Carretera Palpa – Saramarca	Vía de comunicación, construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles.	Tramo de Carretera	Longitud Pendientes Coordenadas Ancho de vía	Km. Grados N-S-E-O. metros
Variable Y₃: Carretera Palpa – Saramarca.	Vía de comunicación, construida fundamentalmente para la circulación de vehículos automóviles.	Tramo de carretera	Longitud Pendientes Coordenadas Ancho de vía	Km. Grados N-S-E-O. metros

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

ESTRATEGIA METODOLÓGICA / METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se clasifica como investigación aplicada. Al respecto (Cabel y Castañeda, 2014 pag. 11) menciona que: “Son estudios dirigidos a solucionar problemas concretos en circunstancias y características específicas, también permite confrontar la teoría con la realidad...” (17).

3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Es así que el nivel de investigación que se aplicara en el presente estudio es un nivel descriptivo - explicativo. (Hernández Sampieri, y otros, 2014 págs. 76-89) (18), ya que está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o porque se relaciona con una o más variables.

La condición de descriptivo se presenta, porque se desarrolla una línea base en la zona de estudio, por la topografía, mecánica de suelos, hidrología e hidráulica.

3.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

(Hernández Sampieri, y otros 2014 págs. 149), expresa que: “el diseño de la investigación que se aplicara en el presente estudio es un diseño: no experimental de corte transversal podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para así posteriormente ser analizados” (18).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA MATERIA DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población o universo corresponde al área cuya longitud es la carretera Palpa – Saramarca en el tramo comprendido entre el km 00+00 y 15+182.18, distrito Palpa, Región Ica.

3.2.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Por ser únicamente la carretera Palpa – Saramarca nuestra población, por tanto, equivale también a la muestra. Es decir: La muestra es igual a la población.

CAPÍTULO IV

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

4.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Las técnicas utilizadas para recopilar datos y verificar nuestra hipótesis son las siguientes: La documentación y la observación no participante (17).

4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Toda medición debe cumplir con tres requisitos básicos: Confiabilidad, validez y objetividad (18).

La confiabilidad fue determinada con el coeficiente Alfa de Cronbach. Se verificó si la validez es de contenido, de criterio o constructo, en base a consulta con expertos (18).

Los instrumentos son:

Documentales:

- Fichas de datos de documentación,
- Guía y ficha de observación de datos no experimentales,
- Lista de cotejo de parámetros medioambientales (checklist).

Instrumento de Campo

- GPS navegador
- Cámara fotográfica digital

Equipo de Gabinete

- Computadora y útiles de escritorio
- Software para el diseño hidrológico e hidráulico
- Software para dibujo de planos
- Software para Costos y Presupuestos
- Software para procesamiento de textos

Los instrumentos de campo están debidamente contrastadas y validadas por el organismo responsable de la calidad en el Perú, INACAL.

Las secuencias de las acciones realizadas en la investigación son:

1. Trabajos preliminares que comprenden la recolección de información topográfica y geotécnica en las instituciones públicas y privadas, referencias bibliográficas, búsqueda en Internet.

2. Clasificación, ordenamiento y tabulación de la información, dibujo de los planos básicos, preparación de los materiales.

3. Cálculo de gabinete, aplicación de la evaluación comparativa de la estabilidad de taludes, basados en las normas y en la geo tecnología informática necesaria para el diseño de las obras de mitigación contra deslizamientos en carreteras.

4. Revisión de toda la tesis (ortográfica y semántica) e impresión, y entrega del trabajo final.

4.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Para el procesamiento de datos, se utilizó la técnica de procesamiento en “stream”, porque se basa en la implementación de un modelo de flujo de datos en el que los datos asociados a series de tiempo (hechos) fluyen continuamente a través de una red de entidades de transformación que componen el sistema. Este tipo de técnicas de procesamiento y análisis de datos está destinado a analizar un conjunto completo limitado datos, salvo ciertas excepciones (19).

Para el análisis de los datos, primero se seleccionó los programas RIVER e HidroEsta. Segundo, se ejecuta el programa. Tercero, se exploró los datos, tanto en uno como en otro, según las preguntas de investigación, los objetivos, las hipótesis y las variables (18).

La interpretación de resultados se realiza a partir de tablas, gráficos y matrices que reflejan objetivamente la respuesta a las preguntas de investigación o a las hipótesis de trabajo de los programas empleados en la investigación.

4.4. PROCEDIMIENTOS

4.4.1. ANÁLISIS DE DATOS HIDROLÓGICOS

Utilizando los datos hidrológicos de estima mediante la hidrología estadística el periodo de retorno de los eventos máximos registrados y el período de vida útil de las obras hidráulicas y viales que sean necesarias.

Para tal efecto se utiliza el modelo hidrológico RIVER, que procesa mediante los diversos métodos conocidos y aceptados, como Gumbel, Pearson III y Log normal el caudal de diseño que sirva para el diseño.

También se utilizan otros métodos indirectos o empíricos que en vez de utilizar la probabilidad de retorno usan parámetros como el tiempo de concentración, la intensidad de lluvia y el área de la superficie donde se encuentra el proyecto de estudio, que en este caso identificamos como el método de Mac Math.

En otros métodos donde se toma en cuenta la rugosidad compuesta, la huella máxima de agua registrada, los datos geométricos y cinéticos determinados por observación y mediciones in situ principalmente identificamos al Método de Sección-Pendiente, Velocidad-Área y la Fórmula Racional; Caudal Instantáneo, para lo cual se puede utilizar hojas de cálculo que también se incluyen en el software RIVER y en el Software HidroEsta.

Esto se realiza para cada quebrada que atraviesa la carretera en estudio, las cuales se han identificado en los planos topográficos.

4.4.2. VERIFICACIÓN DE DISEÑO HIDRÁULICO

Las obras de drenaje de la carretera son verificadas en su diseño hidráulico utilizando los caudales obtenidos para cada quebrada identificada, en la cual las estructuras hidráulicas pueden ser alcantarillas, cunetas, badenes. Para obras de defensa ribereña previamente se hace una identificación de zonas críticas inundables.

La verificación es una comparación entre el caudal demandado versus el caudal ofertado, en donde el diseño será óptimo si el primero es mayor que el segundo:

$$Q_{demanda} < Q_{oferta}$$

En base a lo que resulte de la comparación se realizan propuestas de mejoramiento o un nuevo diseño.

CAPÍTULO V

PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

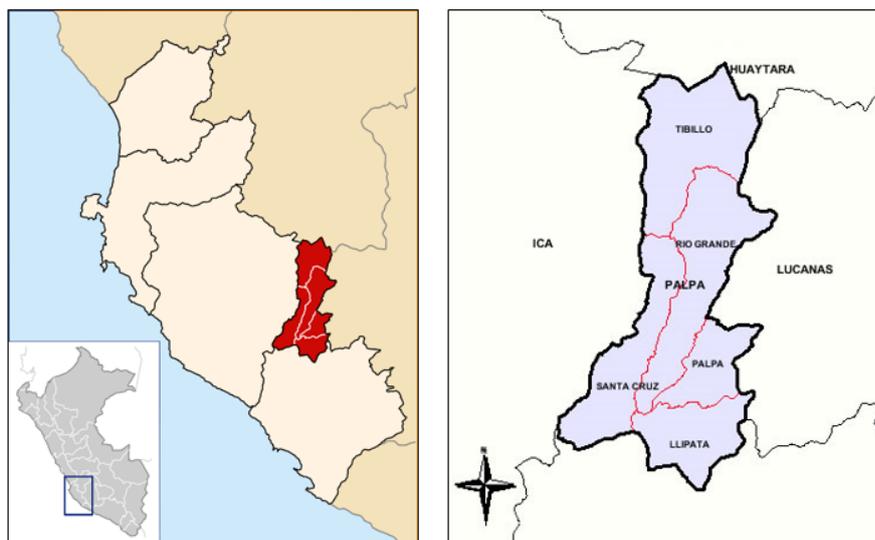
5.1.1. LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN

La provincia de Palpa, políticamente está ubicada en la parte central sur del departamento de Ica, de la región Ica; la cual forma parte de la Cuenca Grande que comprende las sub cuencas del Santa Cruz, Rio Grande, Viscas y Nazca. La capital provincial es la ciudad de Palpa, se ubica a la altura del Km 400 de la carretera Panamericana Sur, tiene una extensión territorial de 147.44 Km², en una latitud media de 347 msnm (20).

Sus límites distritales son: Por el norte con el distrito de Rio Grande, Por el sur-este con el distrito de Llipata, Por el sur con el distrito de Santa Cruz y Por el oeste con el distrito de Ocaña (20).

El camino tiene acceso por la vía terrestre principal que es la Carretera Panamericana, desde Lima hasta el Distrito de Palpa, desde donde se continúa hasta el Km 401 de la Panamericana Sur (Altura Puente Viscas), en donde se ubica el inicio del tramo en estudio, contando en todo el recorrido; desde Lima hasta Palpa con una vía asfaltada en buenas condiciones.

Figura 5.1.
Mapa de ubicación del distrito de Palpa



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI) (21)

Figura N° 5.2.
Mapa satelital de la zona de estudio.



Fuente: Google Maps 2019 (22)

5.1.2. ASPECTOS TOPOGRÁFICOS Y CARTOGRÁFICOS

Cartografía

Con respecto a la base Cartográfica empleada para este trabajo, es la Proporcionada por la oficina de Registros Públicos, las cuales se encuentran con coordenadas UTM y en el Sistema (PSDA 56).

Por otro lado, para las verificaciones cartográficas utilizadas en esta investigación, nos referimos a las cartas obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), a escala 1:100 000, habiéndose empleado las siguientes:

Palpa: Hoja 30 – m. Plano cubre la mayor zona del proyecto.

Córdova: Hoja 29 – m. Plano cubre la parte alta sub Cuenca.

Topografía

Consistió en el recorrido del tramo en evaluación, desde la estación la Peña en el puente Viscas, hasta el poblado de Saramarca lugar donde se ubica el límite departamental con Ayacucho denominado El Lindero, para la observación y evaluación de las características, dimensiones, relieves y aspectos hidrológicos e hidráulicos de la carretera y verificar el inventario de las obras de arte, así como la ubicación de las nuevas obras necesarias que requieren ser proyectadas.

Trabajo de campo

Los trabajos del Levantamiento topográfico han sido realizados utilizando una Estación Total de la marca TOPCON, modelo ES-105, con un alcance longitudinal de

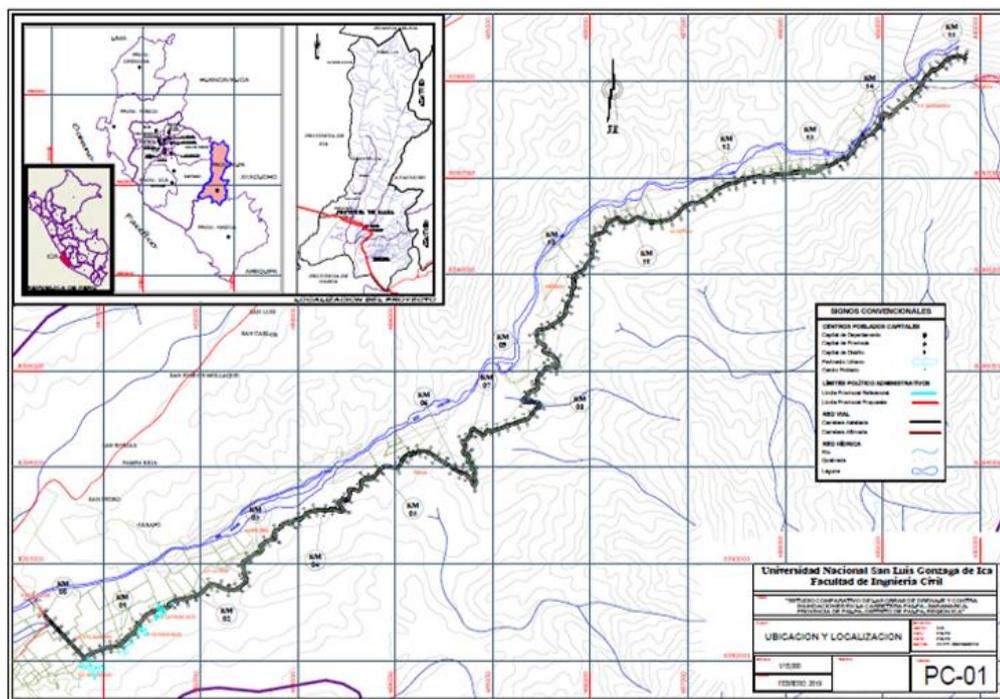
5Km, con prismas y con precisión de 5 segundos, con las cuales se han efectuado las lecturas en forma radial y directas.

Los BMs fijos, se han tomado como vértices de la poligonal de precisión establecida, y en base a éstos se procedió al Levantamiento Topográfico de las zonas que comprenden el proyecto.

El levantamiento Topográfico, en términos generales, consistió en levantar todo lo físico existente, vías, viviendas, muros, postes, etc.

Se ha efectuado el proceso de la información con los Software TOPCON LINK, CIVILCAD. Los dibujos de los planos han sido hechos utilizando el Software AUTOCAD 2016, en diversos formatos, pero predominando el formato A1, y de acuerdo a las escalas comúnmente utilizadas.

Figura N°5.3.
Plano de ubicación y localización del estudio.



Fuente: Elaboración propia

5.1.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS E HIDROGRÁFICOS

Precipitación

La información pluviométrica en la sub cuenca proviene de los registros de la Estación Meteorológica La Peña ubicada en Palpa, se aprecia un gradiente positivo de la precipitación en relación al incremento de la altitud: En el río Palpa (309 m.s.n.m.)

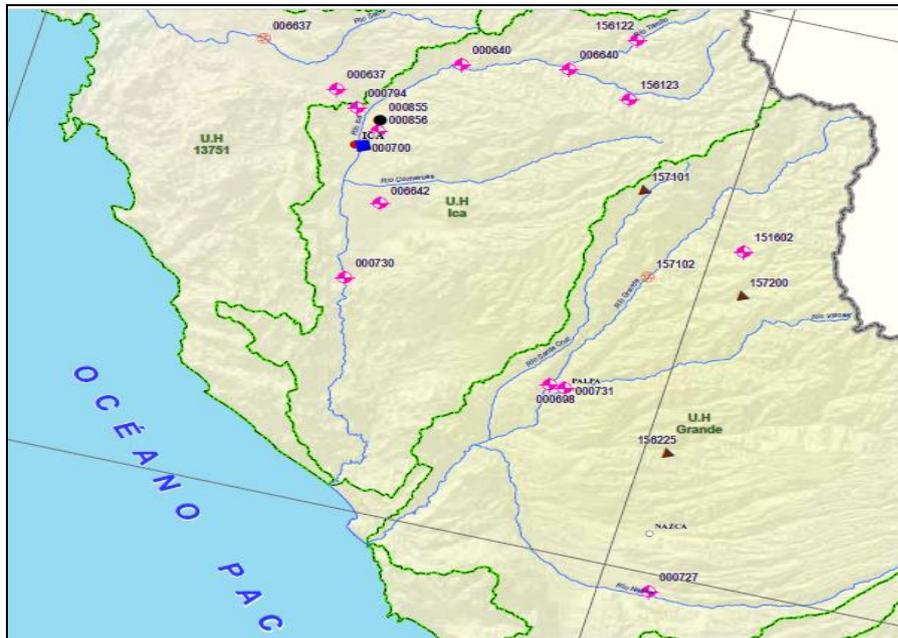
se tiene una precipitación media anual de 5.1 mm y una humedad relativa anual de 61%.

Tabla N°5.1.
Resumen de datos meteorológicos de las estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del Río Grande

ESTACIÓN	ALTITUD (msnm)	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)	TEMP. MEDIA (°C)			HUMEDAD RELATIVA MEDIA ANUAL %
			MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA	
San Javier	284	2.4	31.5	14.5	21.6	69
Palpa	309	5.1	31.1	10.9	21.6	61
Majoro	520	5.8	31.5	12.3	21.2	-
Copara	580	1.9	31.1	10.4	20.2	66
Nazca	598	-	28.4	15.0	21.8	-
Otoca	1823	83.7	-	-	-	-
Ocaña	2650	145.1	-	-	-	-
Pucuri	2667	162.2	-	-	-	-
Cordova	3216	286.5	-	-	-	-
Laramarca	3403	430.0	-	-	-	-
Pampas Galeras	4050	466.4	13.8	-4.1	5.2	-

Fuente: Estudio de Calidad del Agua Cuenca Río Grande (23)

Figura N° 5.4.
Recurso hídrico de Palpa.



Fuente: Atlas de los Recursos Hídricos del Perú (ANA) (24)

Temperatura

En la sub cuenca del río Viscas, se tiene una relación inversa entre la temperatura media versus altitud, esto por efecto de la disminución de presión atmosférica producto de la elevación de la altitud; para la cuenca del río Viscas se ha

determinado una temperatura media máxima de 31.1 °C, una temperatura media mínima de 10.9 °C y una temperatura media anual de 21.6 °C.

Aspectos Hidrográficos

La cuenca del río Grande tiene una longitud de 153 km y un ancho de 98 Km, ocupando 10,722 km² de los cuales 4,482 km² están situados por encima de 2.500 msnm y corresponden a la cuenca húmeda. El río Grande nace únicamente a base de las precipitaciones que ocurren en las partes altas y dan origen a cursos de agua de característica intermitente, es decir, que acarrear agua solamente durante la época de avenidas (enero-abril). Estos cursos de agua dan origen a los ríos: Santa Cruz, Grande, Palpa, Viscas, Ingenio, Aja, Tierras Blancas dan origen al río Nazca, el cual, después de recibir los ríos Pajonal o Taruga y Trancas descarga sus aguas al río Grande (25).

La cuenca se divide en cinco sub cuencas: la subcuenca del río Santa Cruz, la sub cuenca de río Grande, la sub cuenca del río Palpa, la sub cuenca del río Viscas y la sub cuenca del río Nazca, las cuatro primeras pertenecen a la provincia de Palpa y la última a Nazca (25).

Tabla N°5.2.
Sub-unidades hidrográficas – Cuenca Grande.

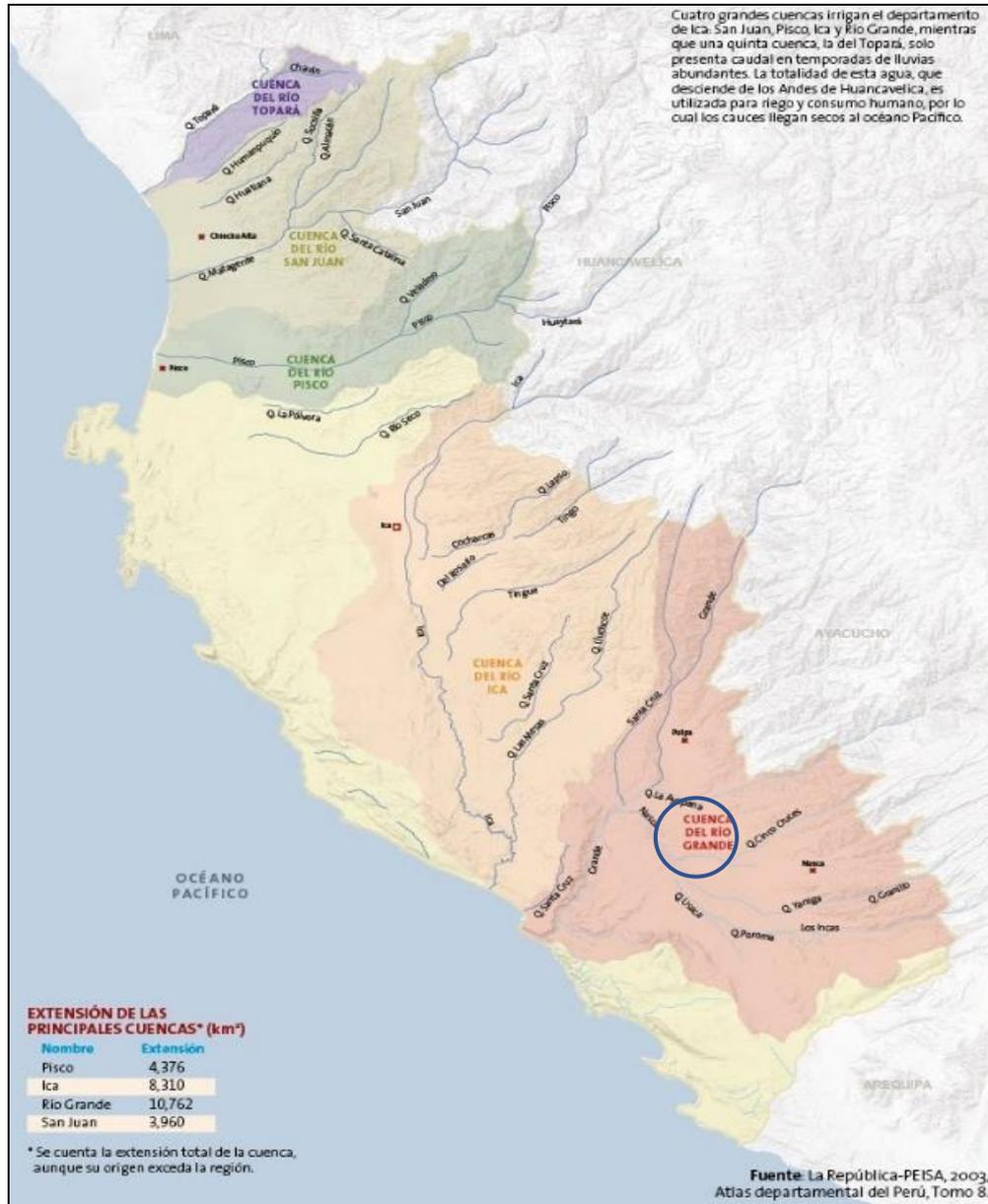
°	UNIDAD HIDROGRÁFICA	DENOMINACIÓN	UBICACIÓN
	Sub cuenca	Río Santa Cruz	Palpa
	Sub cuenca	Río Grande	Palpa
	Sub cuenca	Río Palpa	Palpa
	Sub cuenca	Río Viscas	Palpa
	Sub cuenca	Río Nasca	Nasca

Fuente: Afianzamiento Hídrico de la Cuenca del Río Grande, Palpa - ANA (25)

El sistema hidrológico del río Grande y sus afluentes, ha dado lugar a la formación y desarrollo de una serie de pequeños valles caracterizado por su exiguo recurso hídrico y por encontrarse bastante alejados del litoral. Los valles agrícolas Grande, Ingenio, Palpa-Viscas y Nazca se le puede dar en forma apropiada tal denominación, sin embargo, a los valles de Aja, Tierras Blancas, Taruga y Trancas, debido a su exigua disponibilidad hídrica está provocando la desaparición de la actividad agrícola debido a la escasa precipitación que recibe su cuenca (25).

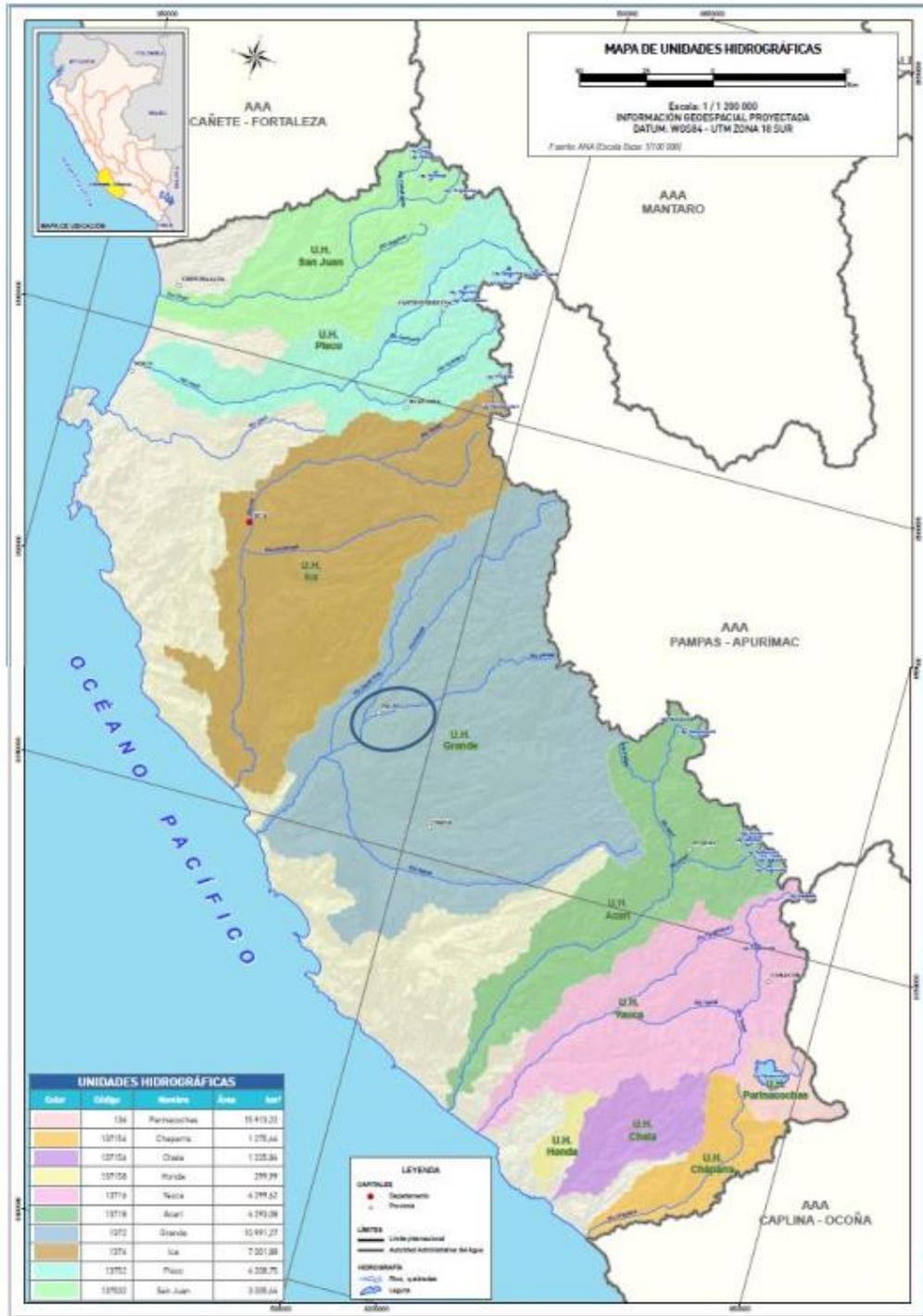
El presente estudio, está ubicado en la sub cuenca del río Viscas, desde el Puente del mismo nombre hasta el límite con el departamento de Ayacucho, en el punto denominado La Capilla, a 19 km al este de la Panamericana Sur.

Figura N°5.5.
Mapa Ubicación de la Cuenca Grande



Fuente: Diario La República – Atlas Departamental del Perú, Tomo 8

Figura N°5.6.
 Mapa de Unidades Hidrográficas del AAA Chaparra – Chincha



Fuente: Atlas de los Recursos Hídricos del Perú (ANA) (24)

La sub cuenca del río Viscas tiene una extensión de 468 km², su punto inicial es en Tinco donde se unen los dos ríos Ocaña y Laramate a la altura del km 39 de la carretera a Ocaña. Su pendiente promedio es de 3.26% (25).

La información hidrométrica que ha sido verificada se refiere a la registrada en la Estación la Peña con código 203804 que corresponde al ALA Palpa – Nazca y está a una altitud de 500 msnm sobre el Río Viscas (24).

Tabla N°5.3.
Estaciones hidrométricas de la AAA Chaparra – Chincha.

Código	ALA	Estación	Altitud (msnm)	Río
203903	Acarí – Yauca – Puquio	Bella Unión	70	Acarí
203501	Chincha – Pisco	Conta	350	San Juan
203602		Letrayoc	720	Pisco
203704	Ica – Río Seco	Huamaní	800	Ica
203705		La Achirana	500	Ica
203706		Challaca	1730	Ica
203708		Los Molinos	460	Ica
203804	Palpa – Nasca	La Peña	500	Viscas
203815		La Isla	550	
203820		LLauta	2555	Palpa
230712		Huallpoca – Zurcuña	700	El Ingenio

Fuente: Atlas de los Recursos Hídricos del Perú (ANA) (24)

Por lo tanto, para conocer el caudal del río Viscas, se ha revisado información máxima total mensual, con series de datos entre los años 2000 – 2017 de la Estación La Peña, con la aclaración que corresponde a la parte final fuera del proyecto y los caudales son el remanente después de la distribución a los distintos sistemas de riego en el valle de Palpa – Viscas.

En conclusión, se requieren aplicar otros métodos indirectos para conocer los caudales en la zona de Sarmarica y en las quebradas que atraviesan la vía, donde no tenemos datos históricos y se ha evidenciado desbordes e inundaciones significativos.

Tabla N°5.4.
Caudales medios mensuales (m³/s) – Registro histórico

Caudales medios mensuales (m3/s) - Registro histórico															
Río: Viscas															
Estación: La Peña Altitud (msnm): 450 msnm															
Fuente de información: Junta de Usuarios del Sub Distrito de Riego Palpa															
Coordenadas geográficas (WGS84): 481681-E- 8393156 N.															
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	promedio	maximo	
2000	1.26	4.18	4.86	0.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.008	0.93	4.86
2001	1.19	5.56	7.08	2.83	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.42	7.08
2002	0.11	1.24	2.05	2.46	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	2.46
2003	0.04	0.18	0.92	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.12	0.92
2004	0.08	0.24	7.25	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	7.25
2005	0.10	0.85	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.85
2006	0.99	4.64	3.76	1.19	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	4.64
2007	0.21	0.31	1.14	0.96	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	1.14
2008	2.26	3.99	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	3.99
2009	0.48	3.19	4.68	2.04	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	4.68
2010	0.50	0.32	1.80	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	1.80
2011	4.92	7.63	2.15	4.45	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	7.63
2012	0.12	6.94	7.07	1.15	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.35	7.07
2013	0.26	1.60	5.15	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	5.15
2014	0.13	0.00	1.27	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	1.27
2015	1.03	3.01	4.47	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	4.47
2016	0.00	1.00	0.48	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	1.00
2017	1.96	7.07	14.17	1.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.04	14.17

Fuente: Registro de caudales del ALA Palpa - Nazca (23)

Subcuenca del Río Viscas

La subcuenca del río Viscas es una inter cuenca que recibe el aporte de los ríos Ocaña y Laramate proveniente de la micro cuenca del río Ocaña; su área de drenaje limita desde el punto donde se unen los ríos antes mencionados denominado Tinco en la cota 1730 msnm, hasta la desembocadura del río Viscas en el río Grande en la cota 330 msnm. Tiene una superficie de 468 Km², y en el tramo una pendiente promedio de 3.26% cuyo valor se debe a la fisiografía reinante, que es la de quebrada. En esta unidad se ubica el “valle agrícola de Viscas” y circunscribe a pequeños centros poblados de la sub cuenca, como es el centro poblado de San Ignacio y Saramarca entre otros. Otra característica relevante en la subcuenca del río Viscas es la existencia de una red vial constituida por la carretera de tercer orden a Ocaña, que es parte de la red vial general a la ciudad de Huamanga en Ayacucho.

5.1.4. ASPECTOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y GEOTÉCNIA

Para identificar los aspectos más importantes sobre geotecnia y mecánica de suelos de la zona en estudio, hemos recurrido a la revisión del Informe de la Empresa Road Teach SAC sobre Mecánica de Suelos y a verificaciones de campo realizadas especialmente para la presente investigación.

Geotecnia

La zona investigada, tiene una secuencia sedimentaria compuesta de areniscas con gravas, limonitas y lutitas gris oscuras intercaladas con mantos de carbón. Aflora mayormente hacia el extremo oriental del área de estudio y se encuentra fuertemente deformada por la presencia de pliegues y fallas. Su edad ha sido estimada dentro del cretáceo inferior por corresponder a los niveles superiores de la formación.

Mecánica de Suelos

La campaña de exploración del suelo se efectuó, tomando muestras de las calicatas efectuadas. Las muestras extraídas fueron analizadas bajo normas y especificaciones especialmente preparadas para estos casos, obteniéndose las constantes físicas y de identificación, así como los factores del comportamiento mecánico del suelo.

Los trabajos de exploración geotécnica comprendieron:

- Análisis Granulométrico Norma ASTM D – 422
- Clasificación de Suelos Norma ASTM D 2487
- Ensayos de Límites de Consistencia
- Límite Líquido Norma ASTM D 424
- Límite Plástico Norma ASTM D 422
- Contenido de Humedad Norma ASTM D 2216

Calicatas de Exploración

Se ejecutaron 52 Calicatas de exploración de 1.50 m de profundidad aproximadamente (ENSAYO DE PERMEABILIDAD, LEFRANC) de acuerdo a las normas establecidas para estudios de Mecánica de suelos la E – 050.

Conclusiones

En base a los resultados de la exploración realizada, ensayos de resistencia y análisis complementarios, se puede mencionar lo siguiente:

El suelo está conformado por suelos limo arenosos, y mezcla de gravas, tal como se pueden apreciar en las fotografías presentadas en el presente estudio y lo análisis realizados, así mismo se deberá utilizar el cemento tipo I, por las sales encontradas.

A continuación, presentamos algunos perfiles estratigráficos de todo el tramo, para tener una idea del tipo de suelo en la zona:

Cuadro N°5.1.
Perfil estratigráfico – Progresiva 0+500

Escala 1:50	Profundidad (m)	Estratigrafía	Descripción	Nivel Freatico	% Humedad	Límite Líquido	Límite Plástico	CLASIFICACION SUCS Y ASSHTO
	1.5		GRAVA LIMOSA		4.91	0.00	0.00	GM A-1-b(0)

Fuente: Informe Mecánica de Suelos Road Teach SAC

Cuadro N°5.2.
Perfil estratigráfico – Progresiva 5+250

Escala 1:50	Profundidad (m)	Estratigrafía	Descripción	Nivel Freatico	% Humedad	Límite Líquido	Límite Plástico	CLASIFICACION SUCS Y ASSHTO
	1.5		GRAVA LIMOSA		0.97	0.00	0.00	GP - GM A-1-b(0)

Fuente: Informe Mecánica de Suelos Road Teach SAC

Cuadro N°5.3.
Perfil estratigráfico – Progresiva 10+000

Escala 1:50	Profundidad (m)	Estratigrafía	Descripción	Nivel Freatico	% Humedad	Límite Líquido	Límite Plástico	CLASIFICACION SUCS Y ASSHTO
1.5			GRAVA LIMOSA		0.31	0.00	0.00	GM A-1-b(0)

Fuente: Informe Mecánica de Suelos Road Teach SAC

Cuadro N°5.4.
Perfil estratigráfico – Progresiva 15+200

Escala 1:50	Profundidad (m)	Estratigrafía	Descripción	Nivel Freatico	% Humedad	Límite Líquido	Límite Plástico	CLASIFICACION SUCS Y ASSHTO
1.5			GRAVA LIMOSA		2.55	0.00	0.00	GM A-1-b(0)

Fuente: Informe Mecánica de Suelos Road Teach SAC

Las canteras analizadas para este proyecto están ubicadas en las siguientes progresivas, 10+00 y 5+520, estas dos canteras son las que poseen mayor potencia, en combinación con la cantera de arcilla ubicada en la progresiva 8+750.

Geodinámica

Durante los trabajos de campo no se ha detectado fenómenos de geodinámica externa reciente, como levantamientos y/o hundimientos, ni desplazamientos de la formación sedimentaria existente en la zona.

5.1.5. ASPECTOS HIDRÁULICOS Y AMBIENTALES

Se ha realizado el inventario vial del tramo en estudio a fin de identificar y describir las condiciones actuales de las obras de arte y drenaje, especialmente de las que se encuentran en mal estado para adoptar la solución adecuada. La necesidad de las obras de arte y drenaje se debe a que los flujos de agua superficial y subterránea al discurrir sobre la plataforma de la carretera e infiltrarse a través del pavimento causan la reducción de la capacidad portante de la vía y en consecuencia reducen su vida útil.

Las obras de arte, se componen de:

- ✓ Muros de contención de mampostería de piedra; de piedra y de concreto, en regular y mal estado de conservación, los mismos que sirven de protección a la vía.
- ✓ Puente de 12.00 de largo ubicado en la progresiva Km. 14+294, al cual le falta mantenimiento.

El sistema de drenaje, se compone de:

- ✓ Alcantarillas de concreto armado y de tipo TMC, las cuales se encuentran obstruidas.
- ✓ Badenes de Concreto en regular estado de conservación.
- ✓ Canal de tierra de 40.00 ml, en mal estado que inunda la vía.
- ✓ No se ha encontrado cunetas a lo largo de la vía y sus correspondientes alcantarillas de alivio.

Zonas críticas y de desbordamiento

A lo largo de la carretera existen 5 zonas críticas de huayco, las mismas que se encuentran en las progresivas; 3+306, 3+592, 3+767, 4+204 y 4+870, las cuales deben de ser tratadas mediante badenes. Así como una zona proclive al desbordamiento y socavación de la carretera en la progresiva ubicada entre la progresiva 12+950 hasta la progresiva 13+160.

Del diagnóstico realizado de acuerdo al inventario vial y a la información recopilada tenemos.

Tabla N° 5.5.
Obras de arte existentes

Obra de arte o drenaje	Cantidad	Acción
Muro de Mampostería de Piedra	33	Construir nuevos según Diseño Vial
Muro de Piedra	21	Construir nuevos según Diseño Vial
Muro de Concreto Ciclópeo	02	Construir nuevos según Diseño Vial
Alcantarilla de Riego de C.A.	11	Realizar limpieza
Alcantarilla de Riego de TMC	02	Reponer 02, y construcción de 03 nuevas
Badenes de C.A.	04	Construcción de 05, zonas críticas
Canal de Tierra	01	Construir: 01, canal revestidos
Pontón de C.A.	01	Realizar limpieza
Puente de C.A.	01	Realizar mantenimiento

Fuente: Elaboración propia

Figura N°5.7.
Alcantarillados existentes



Fuente: Elaboración propia

Figura N°5.8.
Alcantarilla proyectada y existente



Fuente: Elaboración propia

Aspectos Ambientales

La EIA, es un proceso que predice en que forma la ejecución de un proyecto puede afectar al medio ambiente. - Este proceso utiliza una secuencia lógica que nos permite definir mediante un análisis las medidas y gestión que es necesario tomar en consideración para evitar una situación ambientalmente adversa.

La Evaluación de Impacto Ambiental, comprende las etapas siguientes:

Identificación de Impactos, En esta etapa se realiza en base a la visita de campo y la verificación de los componentes del proyecto, como son las obras de drenaje tales como alcantarillas y badenes y las obras de protección contra inundaciones, tales como muros de contención y diques de encauzamiento, utilizándose Maquinaria pesada en el carguío de piedra seleccionada de la piedra para el llenado de los gaviones.

Descripción de impactos positivos, La ejecución de la obra permitirá proteger la carretera y los terrenos de cultivo propensos a ser inundados y erosionados por desborde de las aguas del río Viscas y/o por las aguas de las quebradas que atraviesan la vía.

Evitar la inundación, permite además mantener la flora y fauna existente en el lugar, ya que si se cuenta con protección contra desbordes se puede mantener un buen ecosistema en la región.

También, se evita la contaminación ambiental ya que debido a este problema las aguas inundan y depredan todo a su paso, ocasionando destrozos y distorsionando la biodiversidad de la zona.

Mejoramiento de la calidad de vida del agricultor beneficiado, permitirá al agricultor asegurar con un mínimo riesgo la inversión que realice y obtener las cosechas deseadas para poder aumentar las ganancias por la venta de los productos; igualmente se controlará la tensión o preocupación de la población ubicada en el área de influencia de la carretera, por cuanto no tendrá que estar pendiente de la suerte que les ocurra a sus propiedades en caso del desborde del río y/o quebradas.

Por otro lado, traerá consigo oportunidades de trabajo a la población aledaña, calificada o no calificada (ayudantes, operadores de maquinaria y profesionales, etc.).

Disminución de las pérdidas de terrenos e infraestructura, se va preservar los terrenos agrícolas y la infraestructura construida en sus inmediaciones (canales, alcantarillas, puentes y caminos etc.).

Surgimiento de una predisposición conservacionista y ecologista en los agricultores al identificarse con las obras que le otorgan seguridad, asumiendo con

cuidado y mantenimiento, así como en interés de un mejor manejo y gestión en uso de la infraestructura hidráulica y los recursos hídricos.

Descripción de impactos negativos

Contaminación del aire, por la actividad del parque automotor en el movimiento de tierras, al producir material particulado.

Contaminación del suelo, por la actividad del parque automotor al producir emisiones de lubricantes, aceites y otros.

Contaminación del agua, por las diversas actividades antropogénicas del personal que trabajara en la construcción de la carretera y las obras de drenaje. También por la emisión de aguas servidas a las quebradas que forman parte del proyecto, especialmente las que se encuentran cerca a la población.

Incremento de desechos, Los desechos generados con el funcionamiento del almacén, áreas de mantenimiento de maquinaria y material orgánico, entre otros.

Afectación de la flora existente en las áreas adyacentes a la carretera, obras de drenaje y obras contra inundaciones.

Mitigación ambiental del proyecto, Se evitará al mínimo la tala de árboles y arbustos en las riberas respectivas, y cumplir con los compromisos asumidos con los propietarios de los terrenos afectados mediante el mantenimiento de la carretera.

Medidas de Mitigación, Se ha considerado la ejecución de medidas mitigantes del impacto ambiental negativo, entre ellas:

Se debe evitar al mínimo la tala de árboles y arbustos, y cumplir con los compromisos asumidos con los propietarios de los terrenos afectados mediante el mantenimiento de caminos de acceso.

Para la limpieza general de la oficina y almacén, se utilizará mano de obra no calificada, programado en las diferentes partidas, para dejar el área libre de elementos contaminantes.

5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las obras de drenaje y contra inundaciones en un proyecto de carretera, son un elemento muy importante para garantizar la buena y segura transitabilidad de los vehículos que trasladan a los pobladores, especialmente si estas carreteras son de penetración, es decir que vinculan a poblaciones rurales de la sierra con poblaciones de la costa.

En nuestro caso, la carretera Palpa – Saramarca, tiene estas características, y por muchos años ha quedado interrumpida en los meses de avenida del río Viscas, ya que históricamente se desborda en varios puntos críticos, inunda y destruye parte de la carretera.

Lo mismo sucede con el desbordamiento de las quebradas que atraviesan la vía, pues al activarse por encima de sus caudales normales provoca deslizamientos, erosión, socavación, cortando también la transitabilidad en los puntos donde están ubicadas las obras de drenaje transversal como las alcantarillas y badenes.

Es por eso, que realizamos este estudio comparativo, entre los diseños de las obras hidráulicas de drenaje y contra inundaciones planteadas en el estudio inicial y las que calcularemos en esta investigación, apoyados por algunos modelos numéricos con aplicaciones informáticas.

5.2.1. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE OBRAS DE DRENAJE Y CONTRA INUNDACIONES

La vía en estudio se encuentra totalmente consolidada, articula el departamento de Ica y Ayacucho, iniciando en la progresiva 0+000; llegando a la progresiva 15+181.89 (Limite departamental entre Saramarca y Ocaña) y forma parte del sector productivo y comercial de la provincia de Palpa, que dispone de una riqueza cultural de incalculable valor generado a través del tiempo y en diferentes etapas del desarrollo socio económico.

Su estado de transitabilidad es calificado de regular y malo, en determinados sectores como en las quebradas de los Km 3+306, 3+592, 3+767, 4+204 y 4+870 la vía se torna intransitable en épocas de lluvias debido a la falta de obras de arte. La ruta en estudio en la actualidad presenta deficiencias en el trazo y el diseño geométrico de los radios de curvatura.

Como hemos mencionado, el camino departamental en estudio consta de un solo tramo: Carretera Departamental IC-111, EMP.PE-1S (Puente Viscas-Palpa) – LD Ayacucho (Saramarca, AY-118 a Ocaña) con una longitud total de 15.182Km. Para acceder al camino en proyecto se parte de la ciudad de Palpa con dirección sur, a la altura del Km 401 se ha establecido como inicio del estudio, asignándosele la progresiva 0+000.

Dentro del proyecto, existe una red de quebradas de variadas dimensiones, todos ellos son parte de la cuenca hidrográfica del Pacífico, sus aguas aportan al río Viscas

que termina en la unión con el Río Grande a la altura de la localidad de Santa Cruz, para desembocar en el Océano Pacífico. Captan las aguas durante las épocas de lluvias, principalmente por escorrentía superficial y, en muy menor escala, por filtraciones. Las aguas freáticas tienen su descarga principalmente en las laderas, preferentemente en las quebradas por los cuales van discurriendo las aguas hasta llegar a los principales afluentes ya mencionados.

En varios sectores se ha observado la presencia de cruces de agua de riego o tajeas, predominantemente de concreto armado, esto se debe a que los mismos pobladores son los que hacen estos canales para que el agua llegue hasta sus sembríos. También se ha observado la presencia de un puente de estructura de concreto (Km 14+294, Puente Saramarca), que son los principales sistemas constructivos en la Zona.

De la revisión del estudio y de las visitas de campo realizadas, podemos presentar el Inventario de Obras de arte, existentes:

Tabla N° 5.9.
Inventario de Obras de Arte

CODIGO_LIBI GEO	RUTA	EVENTO	DESCRIPCION	UBICACION KM	LAJO	OBSERVACION	LATITUD WGS84	LONGITUD WGS84	ALTITUD
10.05.01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO	0-040	CENTRAL	I=6.50M - OBSTRUIDA	8392437.32	-480245.02	380.93
10.05.01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO	0-285	CENTRAL	I=6.50M - OBSTRUIDA	8392257.42	-480553.01	381.95
10.05.01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO	0-375	CENTRAL	I=6.50M - OBSTRUIDA	8392190.51	-480655.01	382.98
10.05.01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO	0-382	CENTRAL	I=6.50M - OBSTRUIDA	8392186.13	-480659.06	382.70
10.05.01	IC 111	CENTRO POBLADO	SANTA BARBARA	0-497	DERECHO		8392478.17	-480660.94	387.87
10.05.01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO	0-605	CENTRAL	I=6.50M - OBSTRUIDA	8392023.77	-480811.11	395.12
10.05.01	IC 111	CENTRO POBLADO	SAN IGNACIO	0-610	DERECHO		8391920.92	-480833.17	395.40
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	0-742	DERECHO	I=200 - ESTADO REGULAR	8392039.92	-480849.61	397.79
10.05.01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE TUBO	0-800	CENTRAL	I=6.50M - MAL ESTADO	8392100.05	-480951.11	398.88
10.05.01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE TUBO	0-865	CENTRAL	I=6.50M - MAL ESTADO	8392130.75	-481041.99	402.13
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	0-931	DERECHO	I=26.70M - ESTADO REGULAR	8392193.22	-481094.02	406.41
10.05.01	IC 111	PARED	PARED DE ADObE	0-988	IZQUIERDO	I=105.00M - MAL ESTADO	8392159.31	-481167.14	408.31
10.05.01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO	1-297	CENTRAL	I=6.00M - OBSTRUIDA	8392291.32	-481319.78	408.11
10.05.01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO	1-352	CENTRAL	I=6.00M - OBSTRUIDA	8392409.99	-481397.96	406.66
10.05.01	IC 111	CENTRO POBLADO	LA FALDA	1-400	DERECHO		8392433.56	-481456.11	407.32
10.05.01	IC 111	CENTRO POBLADO	SANTA INES	1-610	IZQUIERDO		8392508.75	-481602.20	413.20
10.05.01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO	1-675	CENTRAL	I=6.00M - OBSTRUIDA	8392545.48	-481667.07	413.20
10.05.01	IC 111	PONTON	PONTON DE CONCRETO ARMADO	1-730	CENTRAL	I=11.48M - OBSTRUIDA	8392591.55	-481689.52	417.02
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	1-972	IZQUIERDO	I=25.75M - BIEN ESTADO	8392639.27	-481860.81	420.18
10.05.01	IC 111	CENTRO POBLADO	LA PENA	2-800	IZQUIERDO		8392966.91	-482451.42	438.32
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	3-010	IZQUIERDO	I=13.80M - BIEN ESTADO	8393107.29	-482592.33	452.44
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	3-063	IZQUIERDO	I=17.00M - ESTADO REGULAR	8393145.22	-482633.56	456.09
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	3-280	IZQUIERDO	I=70.00M - BIEN ESTADO	8393266.46	-482754.08	466.14
10.05.01	IC 111	CENTRO POBLADO	LA CANTERA	3-400	DERECHO		8393348.84	-482782.29	471.64
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	3-460	IZQUIERDO	I=25.10 - BIEN ESTADO	8393377.52	-482819.31	472.21
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	3-532	IZQUIERDO	I=9.25M - BIEN ESTADO	8393424.88	-482867.41	474.14
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	3-578	IZQUIERDO	I=25.90M - MAL ESTADO	8393417.51	-482924.12	477.24
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	3-717	IZQUIERDO	I=25.80M - MAL ESTADO	8393470.91	-483025.84	485.97
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	3-773	IZQUIERDO	I=14.40M - BIEN ESTADO	8393494.78	-483062.40	487.97
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	3-880	IZQUIERDO	I=11.80M - BIEN ESTADO	8393552.79	-483114.46	495.48
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCIÓN	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	3-962	IZQUIERDO	I=8.80M - BIEN ESTADO	8393561.22	-483237.12	500.19

Tabla N° 5.9.
Inventario de Obras de Arte (Continuación)

10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	3+995	IZQUIERDO	L=9.10M - ESTADO REGULAR	8393559.09	483258.10	503.39
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	4+012	IZQUIERDO	L=11.90M - ESTADO REGULAR	8393559.52	483286.10	504.89
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	4+050	IZQUIERDO	L=6.50M - BUEN ESTADO	8393560.98	483323.10	507.49
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	4+165	IZQUIERDO	L=9.60M - BUEN ESTADO	8393567.24	483377.19	511.01
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	4+340	IZQUIERDO	L=16.50M - BUEN ESTADO	8393668.59	483443.61	518.65
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	4+420	IZQUIERDO	L=9.150M - REGULAR ESTADO	8393679.91	483516.13	511.95
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	4+550	IZQUIERDO	L=6.30M - BUEN ESTADO	8393773.65	483550.58	507.18
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	4+625	IZQUIERDO	L=18.00M - MAL ESTADO	8393759.64	483626.76	501.37
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	4+685	IZQUIERDO	L=41.40M - MAL ESTADO	8393805.76	483650.63	496.53
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	4+848	IZQUIERDO	L=33.80M - BUEN ESTADO	8393887.03	483732.71	484.91
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	4+872	IZQUIERDO	L=17.30M - BUEN ESTADO	8393878.62	483752.87	481.58
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	4+931	IZQUIERDO	L=68.30M - MAL ESTADO	8393919.07	483790.46	476.45
10.05.01	IC 111	CENTRO POBLADO	VIZCAS	5+260	DERECHO		8394041.50	484058.56	468.87
10.05.01	IC 111	BADEN	BADEN DE CONCRETO	5+740	CENTRAL	L=6.30M - ESTADO REGULAR	8394078.58	484453.05	484.00
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	6+316	IZQUIERDO	L=8.40M - MAL ESTADO	8393922.99	484811.11	511.22
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	6+520	IZQUIERDO	L=8.00M - ESTADO REGULAR	8394069.77	484742.84	529.54
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	6+570	IZQUIERDO	L=38.89M - MAL ESTADO	8394112.93	484757.25	531.75
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	6+825	IZQUIERDO	L=7.47M - ESTADO REGULAR	8394275.80	484713.32	553.79
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	7+090	IZQUIERDO	L=9.66M - MAL ESTADO	8394348.54	484877.82	543.90
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	7+242	IZQUIERDO	L=20.00M - BUEN ESTADO	8394377.15	484995.60	540.61
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	7+309	IZQUIERDO	L=7.87M - ESTADO REGULAR	8394401.21	485052.17	540.39
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	7+370	IZQUIERDO	L=10.14M - BUEN ESTADO	8394416.31	485106.15	544.06
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	7+532	IZQUIERDO	L=16.77M - MAL ESTADO	8394775.72	485263.43	549.45
10.05.01	IC 111	BADEN	BADEN DE CONCRETO	7+811	CENTRAL	L=21.53M - ESTADO REGULAR	8394635.60	485480.57	561.15
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	8+370	IZQUIERDO	L=28.02M - ESTADO REGULAR	8394940.04	485468.23	523.35
10.05.01	IC 111	CENTRO POBLADO	SONAQUE	8+400	IZQUIERDO		8394964.98	485482.90	520.97
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	8+506	IZQUIERDO	L=13.34M - REGULAR ESTADO	8395036.78	485563.42	513.46
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	8+574	IZQUIERDO	L=14.19M - MAL ESTADO	8395046.83	485624.29	517.07
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	8+730	IZQUIERDO	L=29.16M - MAL ESTADO	8395135.79	485631.92	526.93
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	8+748	IZQUIERDO	L=8.24M - MAL ESTADO	8395153.38	485621.05	528.11
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	9+188	IZQUIERDO	L=20.20M - ESTADO REGULAR	8395429.85	485486.99	546.66
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAMPOSTERIA DE PIEDRA	9+510	IZQUIERDO	L=18.81M - BUEN ESTADO	8395608.36	485747.19	535.83
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	9+559	IZQUIERDO	L=10.39M - ESTADO REGULAR	8395644.86	485752.71	534.56
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	9+642	IZQUIERDO	L=6.73M - ESTADO REGULAR	8395724.67	485783.18	534.69
10.05.01	IC 111	CENTRO POBLADO	QUEMADO	9+801	IZQUIERDO		8395871.30	485832.84	541.42
10.05.01	IC 111	BADEN	BADEN DE CONCRETO	9+918	CENTRAL	L=16.24M - ESTADO REGULAR	8395987.42	485832.84	543.71
10.05.01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	9+942	IZQUIERDO	L=7.26M - MAL ESTADO	8396001.63	485840.92	545.13

Tabla N°5.9.
Inventario de Obras de Arte (Continuación)

10_05_01	IC 111	BADEN	BADEN DE CONCRETO	10+121	CENTRAL	L=19.43M - BUEN ESTADO	8396117.09	485971.71	546.81
10_05_01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	10+345	IZQUIERDO	L=14.59M - ESTADO REGULAR	8396307.64	486040.94	560.14
10_05_01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	10+504	IZQUIERDO	L=4.24M - ESTADO REGULAR	8396419.13	486069.34	559.80
10_05_01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAPOSTERIA DE PIEDRA	11+232	DERECHO	L=25.07M - ESTADO REGULAR	8396546.34	486647.81	567.00
10_05_01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	11+299	DERECHO	L=13.26M - BUEN ESTADO	8396548.47	486719.14	568.61
10_05_01	IC 111	CENTRO POBLADO	LA CAPILLA	11+350	DERECHO		8396556.64	486765.09	568.49
10_05_01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	11+440	IZQUIERDO	L=33.36M - ESTADO REGULAR	8396590.26	486852.79	569.24
10_05_01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE MAPOSTERIA DE PIEDRA	12+571	IZQUIERDO	L=19.58M - BUEN ESTADO	8397009.29	487843.46	583.85
10_05_01	IC 111	PUNTO CRITICO	AREA INUNDABLE	12+950	CENTRAL	L=190.00M	8397066.04	488209.19	593.16
10_05_01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO	13+070	CENTRAL	L=5.00M - OBSTRUIDA	8397084.03	488232.81	597.41
10_05_01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	13+060	IZQUIERDO	L=16.62 - BUEN ESTADO	8397120.81	488396.19	598.98
10_05_01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO	13+550	CENTRAL	L=5.00M - OBSTRUIDA	8397301.12	488715.23	606.08
10_05_01	IC 111	ALCANTARILLA	ALCANTARILLA DE CONCRETO ARMADO	13+586	CENTRAL	L=5.00M - OBSTRUIDA	8397331.37	488733.55	606.74
10_05_01	IC 111	PUNTO CRITICO	AREA INUNDABLE	13+370	CENTRAL	L=310.00M	8397195.66	488584.97	603.84
10_05_01	IC 111	CENTRO POBLADO	SARAMARCA	14+160	DERECHO		8397663.42	489101.80	638.50
10_05_01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	14+280	IZQUIERDO	L=8.34M - ESTADO REGULAR	8397742.72	489190.17	644.97
10_05_01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	14+320	IZQUIERDO	L=15.79M - ESTADO REGULAR	8397776.35	489221.02	648.28
10_05_01	IC 111	PUENTE	PUENTE DE CONCRETO ARMADO	14+398	CENTRAL	L=12.00M - FALTA MANTENIMIE	8397805.14	489274.64	644.82
10_05_01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE PIEDRA	14+876	IZQUIERDO	L=29.37M - ESTADO REGULAR	8398148.79	489587.92	653.42
10_05_01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE CONCRETO	14+905	IZQUIERDO	L=10.00M - BUEN ESTADO	8398171.64	489603.36	653.52
10_05_01	IC 111	MURO DE CONTENCION	MURO DE CONCRETO	15+025	IZQUIERDO	L=35.00M - BUEN ESTADO	8398247.58	489692.30	653.61

5.2.2. VERIFICACIONES HIDROLÓGICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Información básica

La información hidrológica básica que ha servido para cuantificar la descarga máxima de diseño, han sido las proveniente de la Autoridad Local del Agua del año 2000 - 2017, que es información de campo recopilada luego de la distribución del agua en los canales y tomas Viscas a Saramarca. También se han considerado los datos de verificación levantados en campo por el equipo consultor en la zona en estudio, que han servido para los cálculos hidrológicos indirectos como el de sección – pendiente y/o área - velocidad.

Hidrología General

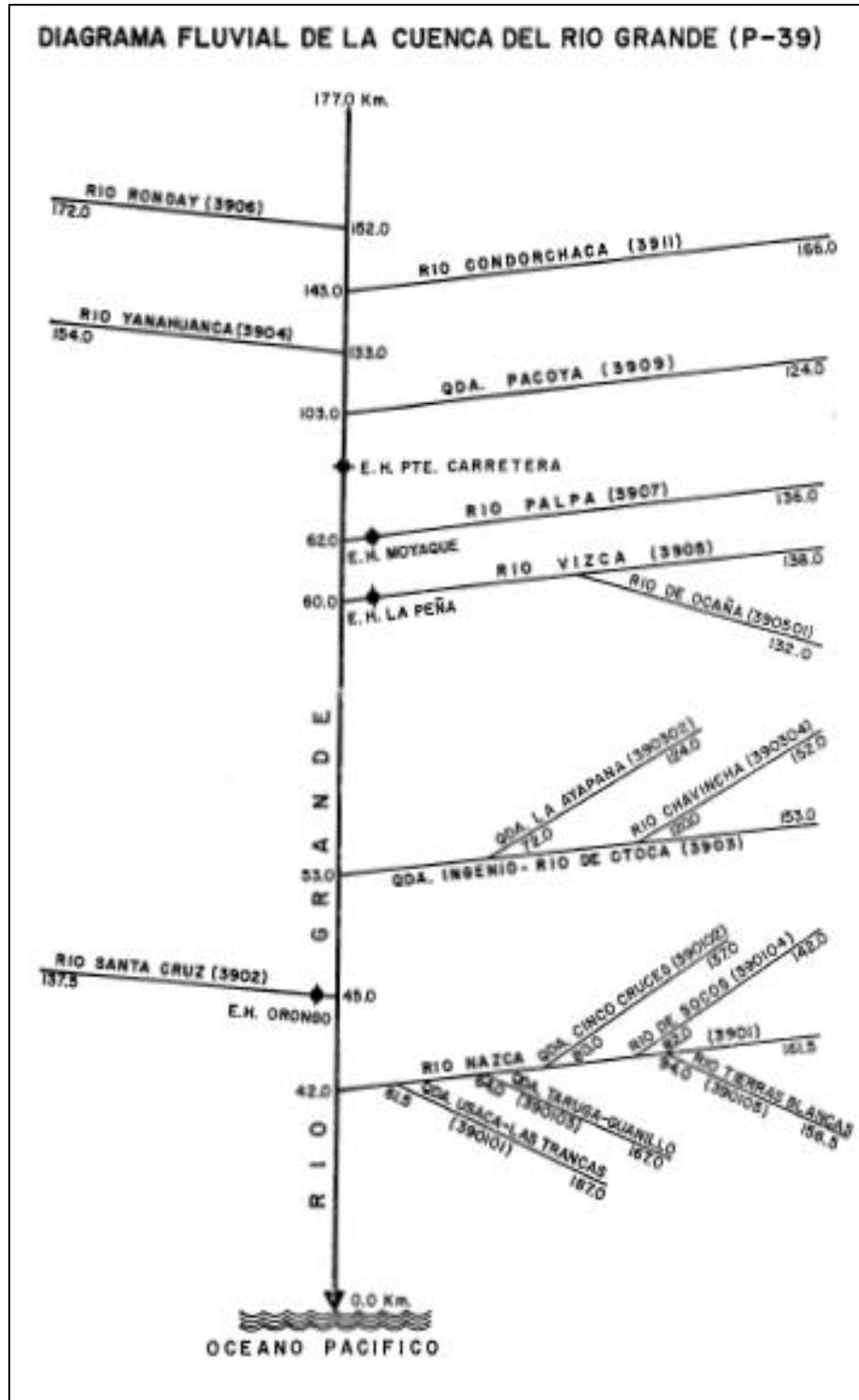
El río Viscas tiene su origen en la confluencia de los ríos Ocaña y Laramate en el punto denominado Tinco que está ubicado aproximadamente a 39 kilómetros de la Panamericana Sur. Luego se une al río Palpa y posteriormente al río Grande. El río Viscas tiene un régimen hidrológico muy irregular, con una concentración de sus descargas entre los meses de diciembre a abril. La máxima descarga mensual del río registrado en la estación La Peña ha sido $14.17\text{m}^3/\text{seg}$ y la mínima de $0.85\text{ m}^3/\text{seg}$.

Figura N°5.9.
Visor de estaciones convencionales



Fuente: Autoridad Nacional del Agua (ANA – 2017)

Diagrama N°5.1.
Diagrama fluvial de la cuenca del río Grande



Fuente: Estudio de calidad del Agua del Rio Grande y otros (23)

Periodo de retorno y vida útil de las obras de hidráulicas y viales

El tiempo promedio, en años, en que el valor caudal pico de una creciente determinada es igualada o superado por lo menos una vez se le llama Período de Retorno.

El criterio de riesgo es la fijación, a priori, del riesgo que se desea asumir por el caso de que la obra llegase a fallar dentro de su tiempo de vida útil.

Se define $P(X \geq X_0)$ como la probabilidad de ocurrencia, o la probabilidad de que un evento X sea mayor o igual a un valor dado X_0 .

Se define $P(X < X_0) = 1 - P(X \geq X_0)$ como la probabilidad de no ocurrencia, de que un evento x sea menor a un valor dado X_0 .

$$T = 1/P(X \geq X_0)P(X < X_0) = 1 - P(X \geq X_0) \quad (5.1)$$

La probabilidad de no ocurrencia dentro de n años de la vida útil de una obra, está dada por:

$$J = (P(X < X_0))^n \quad (5.2)$$

Suponiendo que los eventos de ocurrencia sean independientes.

La probabilidad de ocurrencia dentro de n años de la vida útil de la obra, denominada aquí RIESGO ADMISIBLE, está dada por:

$$K = 1 - J = 1 - (P(X < X_0))^n \quad (5.3)$$

Sustituyendo se tiene:

$$K = 1 - (1 - P(X \geq X_0))^n = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (5.4)$$

Reagrupando:

$$(1 - K)^{\frac{1}{n}} = 1 - \frac{1}{T} \quad (5.5)$$

O también:

$$1 - (1 - K)^{\frac{1}{n}} = \frac{1}{T} \quad (5.6)$$

Que conlleva a:

$$T = \frac{1}{1 - (1 - k)^{\frac{1}{n}}} \quad (5.7)$$

Si la obra tiene una vida útil de n años, la fórmula anterior permite calcular el período de retorno T, fijando el riesgo permisible K, el cual es la probabilidad de ocurrencia del pico de la creciente estudiada, durante la vida útil de la obra. En la Tabla

adjunta se presenta el valor T para varios riesgos permisibles K y para la vida útil n de la obra.

Tabla N°5.10.
Valores de periodos de retorno T (años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0,01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0,02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0,05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0,10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0,20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0,25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0,50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0,75	1,3	2	2,7	4,1	7,7	15	18	37	73	144
0,99	1	1,11	1,27	1,66	2,7	5	5,9	11	22	44

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC

Tomando en cuenta la tabla N°5.11 (tabla N°2 del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, 2011), el porcentaje de riesgo aceptado para obras similares en el río (Defensas Ribereñas como la más crítica) es de 22% (R = 0.22) y considerando una vida útil de 25 años para diques en el río, se obtiene un período de retorno aproximado de 100 años, el cual asumimos para la verificación (9).

Tabla N°5.11.
Valores recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	22
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	39
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	64
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	64
Subdrenes	72
Defensas Ribereñas	22

(*) - Para obtención de la luz y nivel de aguas máximas extraordinarias.
- Se recomienda un período de retorno T de 500 años para el cálculo de socavación.

(**) - Vida Útil considerado n=25 años.
- Se tendrá en cuenta, la importancia y la vida útil de la obra a diseñarse.
- El Propietario de una Obra es el que define el riesgo admisible de falla y la vida útil de las obras.

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC (9)

5.2.3. DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE DISEÑO

Verificación del Caudal en la Sub Cuenca del Rio Viscas con los registros históricos en la Estación la Peña, por los métodos estadísticos de Log Normal, Gumbel y Person III y con métodos indirectos empíricos como los de sección - pendiente, área velocidad, método racional, Mac Math y Burky – Zieger, analizando el tramo desde la unión de los ríos Laramate y Ocaña.

Verificación del Caudal en las Quebradas principales tributarias del rio Viscas, que han sido identificadas como típicas y con las cuales se puede estimar los caudales de todas las otras similares.

a) Verificación del caudal en la Sub Cuenca del Rio Viscas

Determinación del caudal por métodos estadísticos

La estimación con la información hidrológica disponible en la estación La Peña:

Figura N°5.10.
Cálculo del caudal de diseño – Métodos estadísticos



Fuente: Modelo Hidrológico RIVER – Elaboración Propia

Método de Log Normal

Se utiliza para cálculo de precipitaciones y de caudales, porque son variables netamente aleatorias.

Está regida por la siguiente relación:

Si $Y = \ln x$, x se distribuye como Log normal.

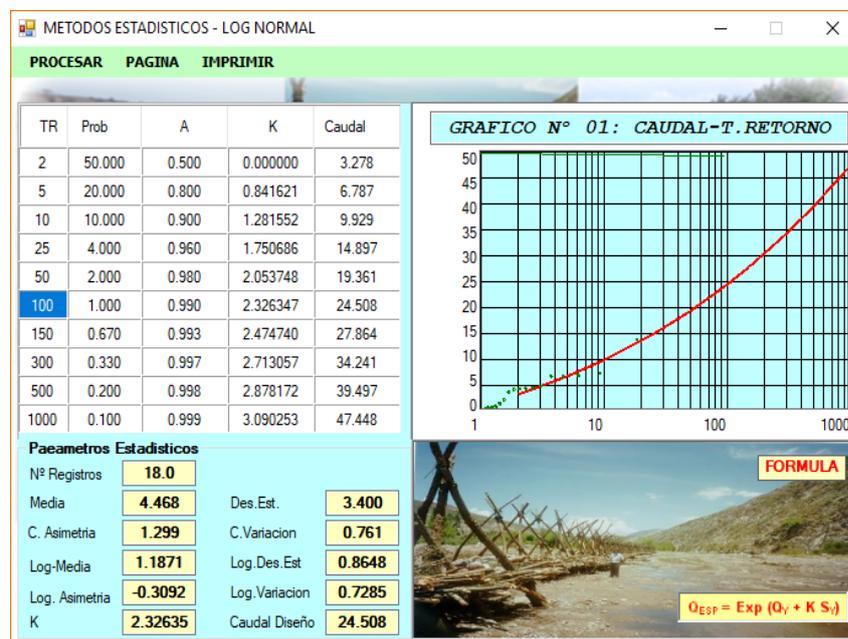
$$f(x) = \frac{1}{x\sigma y\sqrt{2\pi}} e^{\left[\frac{-(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2 y^2}\right]}, \quad 0 < x < \infty, \quad (x \geq 0) \quad (5.8)$$

$$F(x) = 0 \quad \text{para } x < 0; \quad Y = \sum \frac{Y_i}{n}$$

$$S_y = \left[\frac{\sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}}{n-1} \right]^2 \quad (5.9)$$

Para nuestro caso hemos aplicado estas relaciones en el Modelo Hidrológico RIVER que se adjunta y se han obtenido los siguientes resultados:

Figura N°5.11.
Cálculo del caudal – Método Log Normal



Fuente: Modelo Hidrológico RIVER – Elaboración Propia

Método de Gumbel

Se utiliza para predecir magnitudes máximas variables de hidrológicas (máxima avenida probable = Q_d = Caudal de Diseño), asumiendo que estos valores son independientes entre sí. Es un método muy adecuado para la costa peruana.

Viene dado por la siguiente forma:

$$y = \mu + \left(\frac{1}{\alpha}\right) \cdot \omega \quad (5.10)$$

Donde:

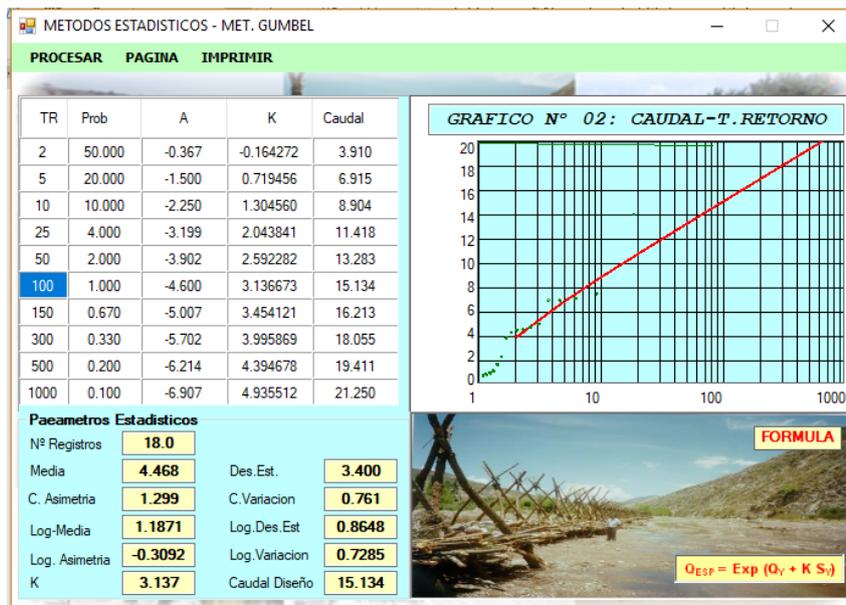
y - variable de la ecuación de predicción

μ, α - variable de la media y de la desviación estándar esperada

ω - variable reducida

Para nuestro caso hemos aplicado estas relaciones en el Modelo Hidrológico RIVER que se adjunta y se han obtenido los siguientes resultados:

Figura N°5. 12.
Cálculo de caudal – Método Gumbel



Fuente: Modelo Hidrológico RIVER – Elaboración Propia

Método de Person III

Estudios hidrológicos realizados en la zona de la Sierra del Perú, han demostrado que esta distribución da buenos resultados en la predicción. Viene dado por la siguiente forma:

$$\log Q = x + KS \quad (5.13)$$

Donde:

Q - Caudal máximo

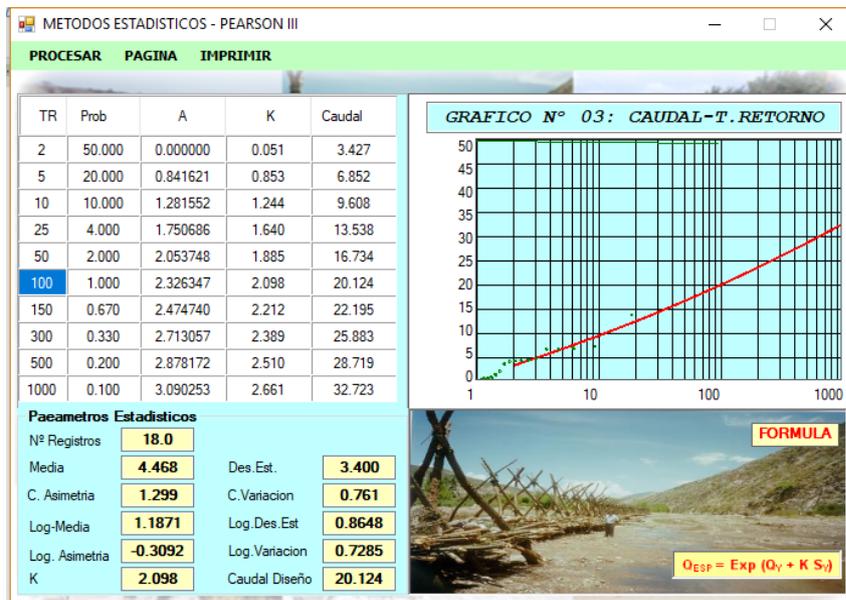
x - Media de los Log Q

S - Desviación estándar de los Log Q

K - Factor de Frecuencia. En función del sesgo G y la probabilidad de excedencia.

Aplicando estas relaciones en el Modelo Hidrológico RIVER que se adjunta, obtenemos los siguientes resultados:

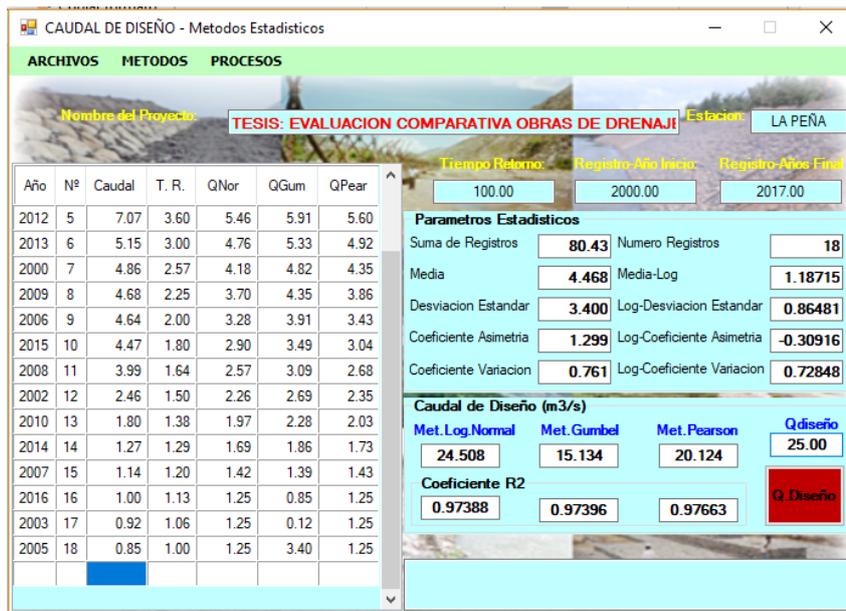
Figura N°5.14.
Cálculo del caudal – Método Pearson III



Fuente: Modelo Hidrológico RIVER – Elaboración Propia

A continuación, se resumen los cálculos por los 3 métodos realizados mediante el modelo hidrológico RIVER.

Figura N° 5.15
Cálculo de caudal – 3 métodos.



Fuente: Modelo Hidrológico RIVER – Elaboración Propia

Con los datos obtenidos estadísticamente se confecciona el siguiente cuadro resumen de caudales de diseño calculados:

Tabla N°5.12.
Resumen de cálculo del caudal de diseño

Método utilizado	Caudal de Diseño (m³/seg)
Método de Log Normal	24.51
Método de Gumbel	15.13
Método Person III	20.12

Fuente: Programa RIVER y elaboración propia.

De los cuales para nuestro caso tomamos el siguiente valor máximo, tratando de ampliar nuestro riesgo, sin embargo, solamente comprobamos que va a ser un dato insuficiente para el control de inundaciones en el tramo de Saramarca.

$$Q_{\text{DISEÑO}} = 25.00 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Determinación del Caudal por Métodos Indirectos y/o Empíricos

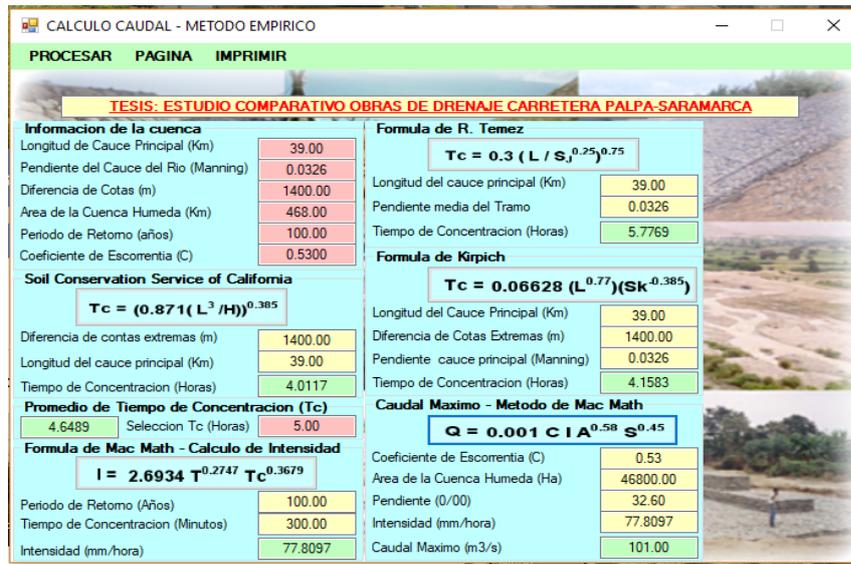
Para este caso, también se aplicó el modelo hidrológico RIVER en la parte denominada “Calculo de Caudales máximos por métodos empíricos”, en el cual se aplica el método de Mac Math, que toma en cuenta el Tiempo de concentración, Intensidad de lluvia y área.

También hemos aplicado la Hoja de Cálculo de programas sociales denominada “Calculo Hidrológico del Proyecto”, que desarrolla los métodos de: Sección – Pendiente, Velocidad – Área y la formula Racional; en donde se toma en cuenta la rugosidad compuesta, la huella máxima de agua registrada, los datos geométricos y cinéticos determinados por observación y mediciones in situ principalmente.

Calculo del Caudal Máximo por Métodos Empíricos

Para este cálculo procedemos de acuerdo a lo establecido en el software RIVER, ingresando los datos de la sub cuenca determinada anteriormente y obtenemos un Caudal = 101 m³/seg:

Figura N° 5.16.
Cálculo de caudal – método empírico



Fuente: Programa RIVER y elaboración propia.

Por otro lado, también calculamos el Caudal Instantáneo (Método de Fuller) que nos arroja un caudal instantáneo = 166.35 m³/seg:

Figura N°5.17.
Cálculo del caudal instantáneo – método de Fuller



Fuente: Programa RIVER y elaboración propia.

Verificación del Caudal Hidrológico por otros Métodos

Para realizar estos cálculos, hemos tenido que determinar primeramente la sección típica en el punto más crítico, el cual es la progresiva 13+100 (zona de inundación) antes del C.P. Saramarca.

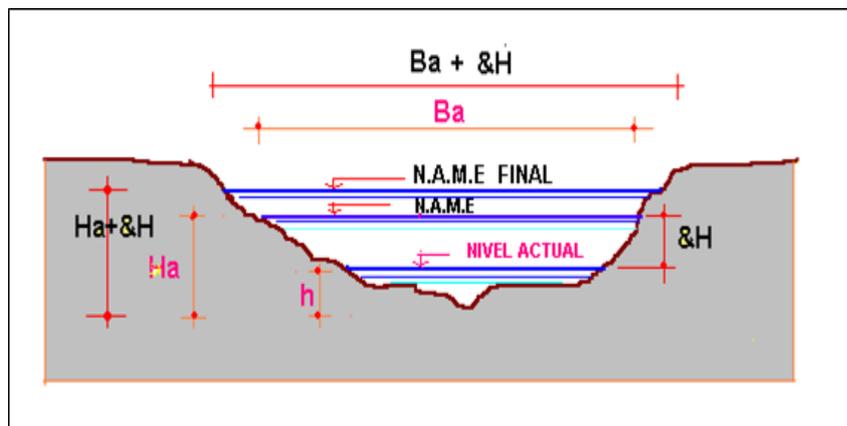
Figura N°5.18.
Gráfica del cálculo de la sección típica.



Fuente: Elaboración propia

Se han verificado los datos geométricos (área, perímetro, radio hidráulico, etc.), cinéticos y dinámicos, principalmente la sección, pendiente, huella de inundación, rugosidad y la velocidad.

Figura N°5.19.
Gráfica de datos geométricos



Fuente: Elaboración Propia

Con estos datos ingresados se han calculado tres métodos y se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N°5.13.
Resultados de los cálculos

	$A = (B + H) \cdot H =$	4.601 m ²
	INCREMENTE EL N.A.M.E EN $H =$	0.22 m
	NUEVA COTA DE N.A.M.E.	604.93 m.s.n.m
	CAUDAL MAXIMO $Q_{max} =$	155.56 m ³ /s
RESUMEN FINAL		
	METODO	UNIDAD CAUDAL
	SECCION - PENDIENTE	m ³ /seg 132.98
	VELOCIDAD - AREA	m ³ /seg 155.56
	FORMULA RACIONAL	m ³ /seg 68.78
	CAUDAL ASUMIDO	m ³ /seg 155.56

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, de los cálculos efectuados, registramos como Caudal máximo de diseño para efectos del cálculo de las obras de protección contra inundaciones (Defensas Ribereñas), el caudal de:

$$Q_d = 166.35 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

a. Verificación de caudales en las quebradas de la vía

En el tramo vial estudiado, se han verificado 21 micro cuencas y 4 micro cuencas anchas, pero de poca longitud que generan zonas críticas por su amplitud y procesos geodinámicos; estas interceptan el alineamiento y actualmente existen algunas obras de cruce en mal estado y de forma provisional que permiten salvar los cauces, por lo cual se deben proyectar nuevas estructuras de pase, ya sean alcantarillas, badenes u otros.

Tabla N°5.14.
Inventario de Ubicación de pequeñas Quebradas

Item	Progresivas	Item	Progresivas
1	00+606.25	22	06+965.00
2	00+760.00	23	07+080.00
3	00+800.00	24	08+955.00
4	00+865.10	25	09+440.00
5	01+069.50	26	10+002.00
6	01+216.00	27	10+144.10
7	01+356.20	28	10+400.00
8	01+666.90	29	10+550.00
9	02+007.50	30	10+810.00
10	02+348.00	31	11+287.25
11	02+506.50	32	11+706.00
12	03+046.00	33	11+880.00
13	03+245.00	34	12+200.00
14	03+514.80	35	12+455.00
15	03+936.00	36	12+960.00
16	04+460.00	37	13+780.00
17	04+670.00	38	14+155.00
18	05+218.20	39	14+280.00
19	06+232.50	40	14+640.00
20	06+347.00	41	14+720.00
21	06+630.00		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°5.15.
Inventario de Ubicación de Quebradas Anchas

Item	Progresivas
1	Quebrada N° 01 (Km 4+070.0 al Km 5+020.0)
2	Quebrada N° 02 (Km 7+530.0 al Km 7+940.0)
3	Quebrada N° 03 (Km 8+285.0 al Km 8+315.0)
4	Quebrada N° 04 (Km 9+800.0 al Km 9+810.0)

Fuente: Elaboración propia

Tomando la información topográfica y cartográfica, así como las verificaciones de los trabajos en campo, se determinaron las quebradas típicas críticas a ser verificadas, a continuación, presentamos los datos básicos analizados:

Tabla N°5.16.
Características principales de las Quebradas Típicas

Item	Codigo	Progresivas	Area	Longitud	Pendiente	ΔH
			km2	km	S(m/m)	m
1	ALCT-04	00+865.00	0.130	0.65	0.0540	35.25
2	ALCT-07	01+356.00	0.120	0.57	0.0406	26.22
3	ALCT-11	02+506.00	0.420	1.10	0.0252	30.24
4	ALCT-23	07+080.00	0.151	0.58	0.0380	22.04
5	ALCT-26	10+002.00	0.140	0.52	0.0327	17.00

Fuente: Elaboración propia

Ante la ausencia de registros hidrológicos históricos, se aplicaron métodos empíricos, tales como el Método Racional con Software HidroEsta para la determinación de los parámetros hidrológicos, obteniéndose los siguientes Caudales:

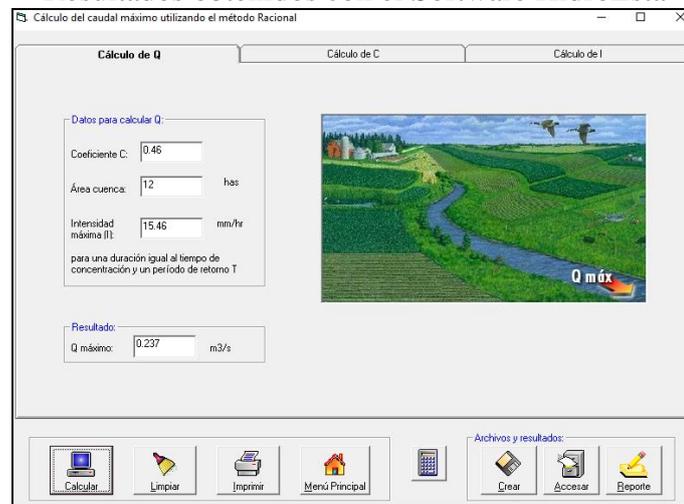
Tabla N°5.17.
Características principales de las Quebradas Típicas

Item	Codigo	Progresivas	Tc horas	I mm/h	Caudal m3/seg
1	ALCT-04	00+865.00	0.170	15.32	0.254
2	ALCT-07	01+356.00	0.174	15.46	0.237
3	ALCT-11	02+506.00	0.330	19.56	1.050
4	ALCT-23	07+080.00	0.180	15.65	0.302
5	ALCT-26	10+002.00	0.170	15.32	0.274

Fuente: Elaboración propia

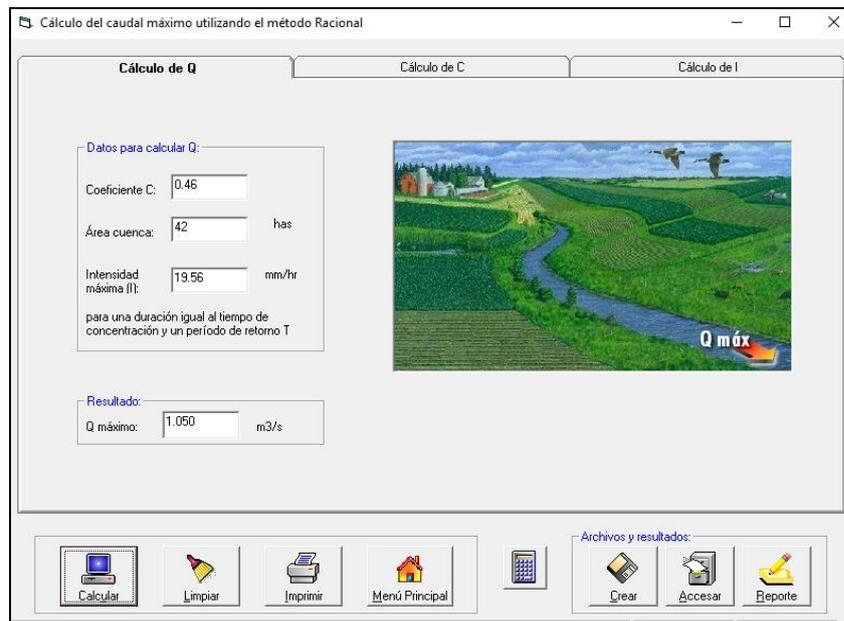
Como ejemplo de las verificaciones realizadas en esta parte, presentamos los resultados obtenidos con el Software HidroEsta:

Figura N°5.20.
Resultados obtenidos con el Software HidroEsta



Fuente: Software HidroEsta – Elaboración propia

Figura N°5.21.
Resultados obtenidos con Datos diferentes



Fuente: Software HidroEsta – Elaboración propia

5.2.4. VERIFICACIONES HIDRÁULICAS DE LAS OBRAS

“Las Obras Hidráulicas pueden ser Obras Naturales, como en el caso de lagos, ríos, quebradas o vasos naturales; u obras proyectadas por el hombre como en el caso de las bocatomas, presas, canales, etc.

Estas obras se planifican para el almacenamiento, captación, conducción o distribución del agua, que sirve para la satisfacción de las necesidades del hombre y de los seres vivos.

a) Verificaciones del diseño de obras de drenaje

Cuando hablamos de las obras de drenaje en un proyecto vial, nos referimos a las estructuras hidráulicas necesarias para garantizar un adecuada transitabilidad en la carretera sin que interrumpan de flujos de agua que bajan de las quebradas en forma transversal. Estas obras de drenaje pueden ser longitudinales y transversales, entre las longitudinales tenemos las Cunetas y en las transversales las alcantarillas, los badenes y otros.

Verificación diseño hidráulico de alcantarillas

El caudal de diseño de la alcantarilla, es el caudal que debe transportar la estructura. Así, cuando la alcantarilla cruza una quebrada, el caudal de diseño se obtendrá aplicando por ejemplo el método racional que es el caudal de la demanda.

Para la verificación hidráulica de las alcantarillas típicas identificadas anteriormente, hemos aplicado el método de tuberías parcialmente llenas mediante la fórmula de Manning para el caudal de la oferta.

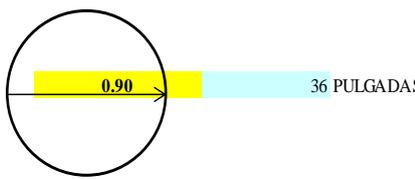
Cuando $Q_{demanda} < Q_{oferta}$, se define como óptimo el diseño. En esa medida, presentamos como ejemplo las verificaciones en las Alcantarillas N°2 y 3, ubicadas en la progresiva 1+356 y 2+506:

Tabla N°5.18.
Cuadro de dimensionamiento de alcantarillas

<u>DIMENSIONAMIENTO DE ALCANTARILLAS</u>			
NOMBRE:	TESIS: "EVALUACION COMPARATIVA DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y CONTRA INUNDACIONES EN LA CARRETERA PALPA - SARAMARCA, PROVINCIA PALPA, DISTRITO PALPA, REGION ICA"		
UBICACIÓN:	Dpto. Ica	Prov. Palpa	Dist. Palpa
<u>PROGRESIVA: KM01+356</u>			
Caudal Generado en la Quebrada (Alc-07): Qc= 0.237 m3 (Del Calculo de Generacion de Caudales)			
$Q = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$			
Dónde:			
Q	= Descarga (m ³ /seg)	2	0.594
A	= Area de la sección hidráulica de la alcantarilla en m		0.283
n	= Coeficiente de rugosidad de Manning		0.019
S	= Pendiente de la cuneta (%)		0.020
R	= Radio hidráulico en m (R= A / P)		0.150
P	= Perímetro mojado en m		1.885
si: Q > Qc			
Q =	0.594	>	Qc= 0.237 m3 OK!
Verificación de la Sección Hidráulica			
$Y = \left(\frac{Q * n}{\sqrt{S}} \right)^{0.6} * \frac{(b + 2y)^{0.4}}{b}$			
Y	= Tirante del canal en metros	0.29	< 0.53 OK!
Q	= Caudal en m3 / seg	0.24	
b	= Base del canal propuesto en metros.	0.53	
	Coficiente de Manning (n):	0.02	
	Pendiente de la Sección :S	0.02	
	Tirante Propuesto :	0.53	0.532
<p>0.60 → 24 PULGADAS</p>			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°5.19.
Cuadro de dimensionamiento de Alcantarillas (Continuación)

<u>DIMENSIONAMIENTO DE ALCANTARILLAS</u>						
NOMBRE:	TESIS: "EVALUACION COMPARATIVA DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y CONTRA INUNDACIONES EN LA CARRETERA PALPA - SARAMARCA, PROVINCIA PALPA, DISTRITO PALPA, REGION ICA"					
UBICACIÓN:	Dpto. Ica	Prov. Palpa	Dist. Palpa			
<u>PROGRESIVA: KM02+506</u>						
Caudal Generado en la Quebrada (Alc-11): Qc= 1.050 m3 (Del Calculo de Generacion de Caudales)						
$Q = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$						
Donde:						
Q =	Descarga (m ³ /seg)	1.752				
A =	Area de la sección hidráulica de la alcantarilla en m ²	0.636				
n =	Coefficiente de rugosidad de Manning	0.019				
S =	Pendiente de la cuneta (%)	0.020				
R =	Radio hidráulico en m (R= A / P)	0.225				
P =	Perímetro mojado en m	2.827				
si: Q > Qc						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; border-bottom: 1px solid black;">Q = 1.752</td> <td style="width: 10%; text-align: center; border-bottom: 1px solid black;">></td> <td style="width: 60%; border-bottom: 1px solid black;">Qc= 1.050 m3 OK!</td> </tr> </table>				Q = 1.752	>	Qc= 1.050 m3 OK!
Q = 1.752	>	Qc= 1.050 m3 OK!				
Verificación de la Sección Hidráulica						
$Y = \left(\frac{Q * n}{\sqrt{S}} \right)^{0.6} * \frac{(b + 2y)^{0.4}}{b}$						
Y =	Tirante del canal en metros	0.55	<			
Q =	Caudal en m ³ / seg	1.05	<			
b =	Base del canal propuesto en metros.	0.80	<			
	Coefficiente de Manning (n):	0.02				
	Pendiente de la Sección :S	0.02				
	Tirante Propuesto :	0.80	<			
		0.798	OK!			
						

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el resultado de los cálculos hidráulicos de las alcantarillas típicas en las quebradas identificadas es:

Tabla N°5.20.
Características de las Alcantarillas típicas

Item	Codigo	Progresivas	D	L	Caudal
			pulg	m	m3/seg
1	ALCT-04	00+865.00	24	8.15	0.254
2	ALCT-07	01+356.00	24	9.00	0.237
3	ALCT-11	02+506.00	36	7.45	1.050
4	ALCT-23	07+080.00	24	9.00	0.302
5	ALCT-26	10+002.00	24	10.50	0.274

Fuente: Elaboración propia

Aplicando los cálculos a las demás quebradas identificadas se proponen las siguientes alcantarillas de TMC:

Tabla N°5.21.
Características de las Alcantarillas típicas

Item	Progresivas	Diametro (pulg)	Longitud (m)	Item	Progresivas	Diametro (pulg)	Longitud (m)
1	00+606.25	36	11.40	22	06+965.00	24	9.00
2	00+760.00	24	7.45	23	07+080.00	24	9.00
3	00+800.00	24	7.45	24	08+955.00	24	9.00
4	00+865.10	24	8.15	25	09+440.00	24	8.15
5	01+069.50	24	9.00	26	10+002.00	24	10.50
6	01+216.00	24	9.00	27	10+144.10	24	9.00
7	01+356.20	24	9.00	28	10+400.00	24	8.15
8	01+666.90	36	9.00	29	10+550.00	24	9.78
9	02+007.50	24	8.15	30	10+810.00	24	9.78
10	02+348.00	24	8.15	31	11+287.25	24	9.78
11	02+506.50	36	7.45	32	11+706.00	24	9.78
12	03+046.00	24	10.50	33	11+880.00	24	9.78
13	03+245.00	36	10.50	34	12+200.00	24	9.78
14	03+514.80	36	10.50	35	12+455.00	24	7.45
15	03+936.00	36	7.35	36	12+960.00	24	7.45
16	04+460.00	36	9.00	37	13+780.00	24	7.45
17	04+670.00	36	9.00	38	14+155.00	24	7.45
18	05+218.20	24	9.00	39	14+280.00	24	7.45
19	06+232.50	36	9.00	40	14+640.00	24	7.45
20	06+347.00	24	9.00	41	14+720.00	24	7.45
21	06+630.00	24	9.00				

Fuente: Elaboración propia

Verificación del diseño hidráulico de cunetas

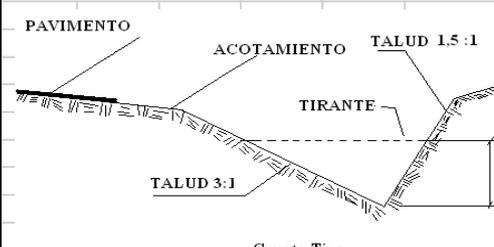
Para este caso verificaremos un diseño típico de cunetas, para una distancia de 100m y revestidas con concreto simple:

Tabla N°5.22.
Cuadro de características de las Alcantarillas típicas

DISEÑO DE CUNETAS

CUNETAS:
El material que se usara para la construcción de cunetas son:

Concreto Simple Donde su rugosidad es: **n= 0.015**
Tipo de sección Triangular.
Taludes **Z₁:3** **Z₂:0.5**



Tipo de Superficie	Coefficiente de Escorrentia
Pavimento Asfáltico y Concreto	0.70-0.95
Adoquines	0.50-0.70
Superficie de Grava	0.15-0.30
Bosques	0.10-0.20
Zonas de vegetación densa	
• Terrenos Granulares	0.10-0.50
• Terrenos Arcillosos	0.30-0.75
Tierra sin vegetación	0.20-0.80
Zonas cultivadas	0.20-0.40

Basado en encontrar una correlación entre la intensidad de precipitación el tiempo de retorno y el de concentración, se recomienda tomar el valor de intensidad de precipitación en los 10-20 min de tiempo de concentración y un periodo de retorno de 20 a 100 años.

TRAMO PROG 0 +00 - PROG. 0+100

EST.=	0	EST.=	6	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS			
PROG	0+00	PROG	0+100	IZQUIERDA		DERECHA	
(INICIAL)		(FINAL)		C/Cuneta	S/contra C.	C/Cuneta	C/contra C.

Diseño de la cuneta lado izquierdo:

L= 100 [m] Cp= 0.83 Coef de escorrentia p/pavimento asfaltico y concreto
d= 25.00 [m] Cs= 0.30 Coef de escorrentia para terrenos granulares
a= 5.00 [m]
imax= 19.56 [mm/h] Coef de esc ponderado sera
Aap= 2500 [m^2] **C= 0.405**
Aap= 0.25 [has] Cponderada= (a*Cs+ (d-a)*Cs)*L/(L*d)

Se aplicara el metodo racional para determinar el caudal de diseno de las cunetas y las alcantarillas de alivio.

$Q_d = 2752 * C * i * A_{ap}$ Donde: $\begin{cases} C = 0.405 \\ A_{ap} = 0.25 \text{ [ha]} \\ i = 2.0 \text{ [cm/hrs]} \end{cases}$

Qd= 5.4502 [lt/s] → **Qd= 0.005 [m^3/s]**

Para disenar la cuneta de este tramo se utilizara la ecuacion de Manning

$Q = \frac{1}{n} * \left(\frac{A^5}{P^2} \right)^{1/3} * S^{1/2}$ Donde: $\begin{cases} Q = 0.00545 \text{ [m}^3\text{/s]} \\ n = 0.015 \\ S = 0.033 \text{ se toma la mas critica} \\ m = 1.75 \text{ de todo el tramo} \end{cases}$

Aplicando Ec. De Manning:
y = 0.11 (cm) < 20cm minimo de Reglamento **ok**
b = 50 (cm) por norma minimo 50 cm

Fuente: Elaboración propia

Figura N°5.23.
Verificación del tirante de la Cuneta

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: CUENCA RIO VISCAS Proyecto: CARRETERA PALPA-VISCAS
Tramo: DISEÑO DE CUNETA Revestimiento: CONCRETO SIMPLE

Datos:

Caudal (Q): 0.00545 m³/s
 Ancho de solera (b): 0 m
 Talud (Z): 0.5
 Rugosidad (n): 0.015
 Pendiente (S): 0.025 m/m



Resultados:

Tirante normal (y): 0.1104 m Perímetro (p): 0.2469 m
 Área hidráulica (A): 0.0061 m² Radio hidráulico (R): 0.0247 m
 Espejo de agua (T): 0.1104 m Velocidad (v): 0.8938 m/s
 Número de Froude (F): 1.2145 Energía específica (E): 0.1512 m·Kg/Kg
 Tipo de flujo: Supercrítico

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

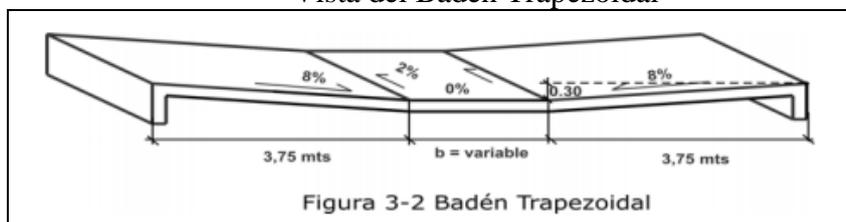
Fuente: Elaboración propia

Verificación del diseño de badenes más importantes

Se ha comprobado que existen quebradas muy anchas, que tienen un cono de deyección con procesos de geodinámica externa no muy activos, sin embargo, eso hace necesario diseñar pases de las probables riadas que se activan en los meses de verano.

Los depósitos de material aluvial y granular identificados son propicios para la ubicación de canteras, pero recomendamos colocar pequeños diques deflectores para el control de la velocidad y generar una sedimentación controlada en la parte media de la quebrada.

Figura N°5.24.
Vista del Badén Trapezoidal



Fuente: Manual de Estructuras – caminos rurales - DANIDA (PAST-DANIDA, 2005)

De esta manera, se verifica el control de las pequeñas avenidas de lodos y piedras con la colocación de BADENES de una longitud mínima de 10 metros y con un diseño hidráulico típico de canal trapezoidal de 0.30m de tirante máximo y una pendiente de 2% máximo. El ancho $b=2.5\text{m}$ y $z=12,5$, con lo cual tenemos el cálculo:

Figura N° 5.25.
Cálculo de Badenes.

Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: CUENCA RIO VISCAS Proyecto: CARRETERA PALPA-VISCAS
 Tramo: DISEÑO DE BADENES Revestimiento: CONCRETO SIMPLE

Datos:
 Tirante (y): 0.30 m
 Ancho de solera (b): 2.5 m
 Talud (Z): 12.5
 Coeficiente de rugosidad (n): 0.015
 Pendiente (S): 0.02 m/m

Resultados:
 Caudal (Q): 5.7818 m³/s Velocidad (v): 3.0836 m/s
 Área hidráulica (A): 1.8750 m² Perímetro (p): 10.0240 m
 Radio hidráulico (R): 0.1871 m Espejo de agua (T): 10.0000 m
 Número de Froude (F): 2.2737 Energía específica (E): 0.7847 m-Kg/Kg
 Tipo de flujo: Subcrítico

Fuente: Elaboración propia

Luego se verifica el caudal demandado en la progresiva más crítica (6+140), por los métodos explicados anteriormente y se obtiene un $Q=1.70\text{m}^3/\text{seg}$. Como $Q_{cuenca} < Q_{baden} \Rightarrow$ entonces se acepta el diseño del badén trapezoidal.

Tabla N°5.23.
Resultados de cálculo de Badenes

Item	Progresivas	Longitud
1	Baden N° 01 (Km 4+070.0 al Km 4+095.0)	25
2	Baden N° 02 (Km 4+998.0 al Km 5+020.0)	22
3	Baden N° 03 (Km 6+140.0 al Km 6+150.0)	10
4	Baden N° 04 (Km 7+530.0 al Km 7+550.0)	20
5	Baden N° 05 (Km 7+920.0 al Km 7+940.0)	20
6	Baden N° 06 (Km 8+285.0 al Km 8+315.0)	30
7	Baden N° 07 (Km 9+800.0 al Km 9+810.0)	10
8	Baden N° 08 (Km 11+480.0 al Km 11+495.0)	15

Fuente: Elaboración propia

b) Verificaciones del diseño de obras contra inundaciones

Las obras contra inundaciones, como ya se dijo pueden ser forestadas o estructurales, en nuestro caso verificaremos una de las obras estructurales permanentes, como son las Defensas Ribereñas mediante Diques de encauzamiento con revestimiento

de enrocados, en el tramo más crítico identificado. Utilizaremos diversos instrumentos para la verificación, que van desde hojas de cálculo, hasta programas hidro informáticos.

Verificación del diseño hidráulico de las obras de defensa ribereña

En la medida que se ha verificado zonas inundables, siendo la más crítica la ubicada entre las progresivas 12+800 y 13+300. Se hace necesario que se diseñe una estructura que garantice en forma permanente protección a la carretera que se está diseñando, de tal manera que restituya el cauce del río hacia la margen derecha como siempre ha sido y recupere los terrenos inundados en la margen izquierda, pero principalmente proteja en forma definitiva el tramo de carretera antes mencionado. En esa medida, debemos primeramente definir el caudal máximo de diseño, el cual ha sido calculado anteriormente y es de $Q_D=166.35m^3/seg$.

Diseño hidráulico del cauce o ancho estable

Para esta verificación, se estableció la sección estable por varios métodos tales como: Petits, Simons – Henderson, Blench – Altrunin y Manning – Strickler; tomándose como valor $b=35m$ por considerar el valor mínimo para generar el tirante máximo.

Figura N° 5.26.
Cálculo de diques laterales



Fuente: Programa RIVER y elaboración propia.

Figura N° 5.27.
Cálculo de Diques laterales (Continuación)



Fuente: Programa RIVER y elaboración propia.

Cálculo del tirante máximo y altura del dique

Así, aplicando la fórmula de Manning – Strickler obtenemos el tirante máximo de diseño ($y=1.03\text{m}$ y altura total del Dique= 2.80m).

Cálculo de la socavación general y local

En el diseño de una defensa ribereña, una de las partes más importantes es el cálculo de la socavación, esta se divide en socavación general y socavación local, la socavación general se calcula por la fórmula de Listchvan – Levediev y es la que se produce por la propia geodinámica del cauce, en cambio la socavación local es la que se provoca al intervenir una estructura en el cauce. La Socavación total (S_t) a considerar para la cota de fundación del Dique será la suma de ambas socavaciones:

$$S_t = d_s + H_s \quad (5.14)$$

Dónde: d_s – Socavación general y H_s – Socavación local

En el caso de Diques paralelos al cauce, solo existirá socavación general, por lo tanto, la profundidad de socavación será de:

$$S_t=0.93\text{m}$$

Figura N°5.28.
Cálculo socavación general

Fuente: Programa RIVER y elaboración propia.

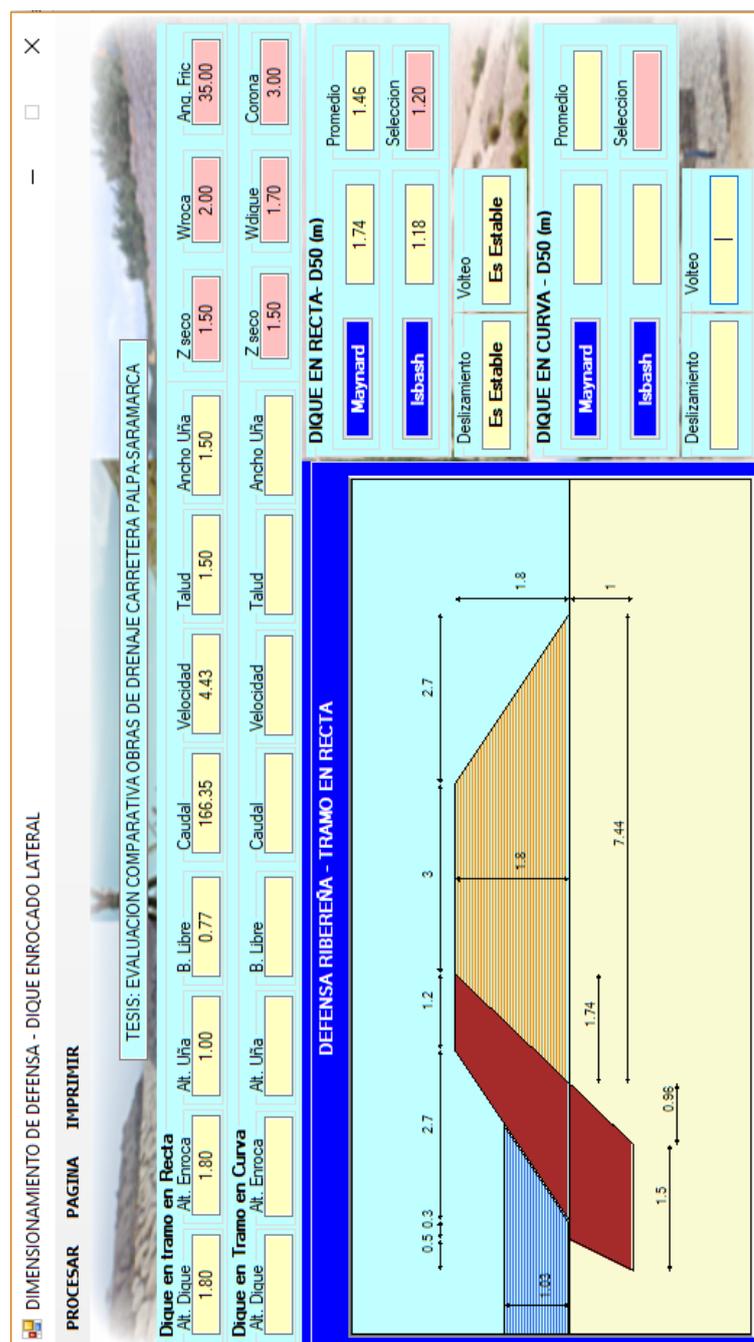
Cálculo del revestimiento con enrocado

Para garantizar la seguridad y protección del dique se ha proyectado un revestimiento con enrocado, con los siguientes cálculos:

Figura N°5.29.
Dimensionamiento de defensa

Fuente: Programa RIVER y elaboración propia.

Figura N°5.30.
Dimensionamiento de defensa (Continuación)



Fuente: Programa RIVER y elaboración propia

5.2.5. EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS VERIFICACIONES REALIZADAS

Habiéndose culminado las verificaciones hidráulicas, tanto de las obras de drenaje y contra inundaciones necesarias para la carretera Palpa – Sarmarca, podemos

establecer las comparaciones entre los resultados del estudio inicial y los resultados encontrados con la evaluación actual, para lo cual presentamos el siguiente cuadro:

Tabla N°5.24.
Resumen de cálculos y verificaciones

N°	CALCULOS DE LOS ESTUDIOS	VERIFICACIONES EN LA TESIS
1	El calculo del Periodo de Retorno (T) fue calculado teniendo en cuenta un riesgo admisible de 22% lo cual corresponde a defensas ribereñas	Se ha verificado que estos valores corresponden a lo recomendado por el Manual de Hidrologia y Drenaje del MTC, pertinente para las obras mas criticas.
2	Los caudales de diseño del Rio Viscas, han sido calculados con una Hoja Excel del MINAGRI por metodos estadisticos donde $Q=25\text{m}^3/\text{seg}$.	Hemos verificado los caudales del Rio Viscas por metodos estadisticos con el Software RIVER, obteniendose valores similares.
3	Luego se han calculado caudales por metodos empiricos, donde se propone finalmente un $Q_{\text{diseño}}=186.82\text{ m}^3/\text{seg}$	Aplicando RIVER con los mismos datos utilizados y verificados en campo, encontramos una diferencia para el Caudal de diseño $Q_d=166.35\text{ m}^3/\text{seg}$
4	Para el calculo de Caudales en las principales quebradas se aplico la formula de Mac Math, obteniendo un Caudal entre $Q=0.10$ y $0.24\text{m}^3/\text{seg}$	Aplicamos la formula recomendada del Metodo Racional mediante el Software HIDROESTA y obtuvimos Caudales entre $Q=0.237$ y $1.05\text{ m}^3/\text{seg}$
5	Para el diseño de las Alcantarillas se utilizo una Hoja de calculo con aplicación de la formula de Manning a tubos parcialmente llenos, se obtuvo diametros de 24" y 36"	Tomando la misma concepcion hidraulica donde $Q_{\text{demanda}} < Q_{\text{oferta}}$, aplicamos otra Hoja de calculo con $y/d=0.94$ y verificamos diametros de 24" y 36"
6	Para el caso de las Cunetas se aplico otra Hoja de calculo, comprobando las dimensiones recomendadas por el RNE.	Aplicando el software HCANALES para secciones triangulares, se verifico el dimensionado para el area tributaria donde $Q_{\text{tramo}} < Q_{\text{cuenta}}$.
7	Para el caso de los badenes, se aplicaron recomendaciones internacionales, en forma trapezoidal con pendientes de 2% y formulas de Mac Math y Burky-Ziegel	HCANALES para verificar el caudal admisible por la seccion trapezoidal, comprobando que el dimensionado seleccionado es adecuado, en todos los casos
8	Para las Defensa ribereña, se aplicaron las mismas metodologias anteriores y se obtuvo un ancho estable de 35m y un tirante de diseño de 1.64m	La primera verificacion de la Defensa Ribereña con RIVER resulto similar, el cauce estable recomendado es de 35m, pero el tirante de diseño fue diferente con $y=1.03\text{m}$

Tabla N°5.24.
Resumen de cálculos y verificaciones (Continuación)

9	En cuanto a la altura total del Dique, se obtuvo 2.18m(1.26 de tirante y 0.92 de borde libre). Por lo tanto la cota del Dique es 605.34m	Los resultados son diferentes aplicando RIVER, la altura del Dique es 1.80m (1.03 de tirante y 0.77 de borde libre). La cota del Dique es 604.96msnm
10	Para la socavacion y calculo del enrocado, se obtuvo valores de: $ds=1.35$ y espesor de la roca de 1.20m	En cuanto a la Socavacion se obtuvo una profundidad de 0.96m asumiendo una altura de uña de 1.00m. Asimismo el espesor del Dique =1.20m

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO VI

COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

6.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL

Siendo nuestra investigación aplicada, pues se plantea buscar soluciones a la problemática de los desbordamientos de los flujos transversales a las vías, así como de los ríos adyacentes a ellas por avenidas extraordinarias; hemos obtenido datos lo más ajustados a la realidad de la zona de estudio, allí se describen y vinculan las relaciones causales de los desbordamientos, erosión y socavación con el análisis de estructuras de drenaje superficial y obras contra inundaciones. Ahora, discutiremos los resultados a la luz de la metodología descrita y de las variables planteadas.

6.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

6.1.1. CONTRASTACIÓN DE LA PRIMERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Estudios Básicos para el diseño de obras de drenaje y contra inundaciones en la carretera Palpa - Saramarca.

Hemos verificado los principales estudios básicos: Estudio de Topografía y Cartografía, Estudio de Mecánica de Suelos, Estudio Hidrológico y Estudios de Hidráulica y Ambiental.

Es innegable que el estudio principal para el diseño de las obras de drenaje y contra inundaciones en una carretera es el estudio hidrológico e hidráulico. Este comprendió la verificación de los cálculos de los caudales máximos extraordinarios en el río Viscas y en las quebradas que atraviesan la carretera Palpa – Saramarca, se realizó por varios métodos, tanto estadísticos, como empíricos, para poder identificar el más probable y adecuado.

La validación de los instrumentos utilizados, está dada por el reconocimiento de los especialistas y expertos en el área de hidrología e hidráulica de los Software: Hydroesta, Hec-Ras, Hcanales y RIVER.

Pero, en cuanto a las metodologías aplicadas para los estudios hidrológicos e hidráulicos, son las recomendadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), en su manual del año 2008, utilizadas por los consultores del área.

La validez de los datos topograficos, que fundamentan las verificaciones realizadas, en cuanto a pendientes, secciones transversales, ejes de via, quebradas

adyacentes y otros, se ha realizado con una Estacion Total TOPCON modelo ES-105, partiendo de BM conocido en la zona de inicio.

Por otro lado, podemos mencionar que la hipótesis específica 1, se refiere a la relevancia de los estudios hidrológicos y de topográficos en la verificación del diseño de las obras de drenaje y contra inundaciones de una carretera: Al respecto, los cálculos efectuados y la metodología aplicada, utilizan los datos de los estudios básicos principalmente los de hidrología para determinar los parámetros principales de la estructura propuesta como son las alcantarillas, badenes, cunetas y dique de encauzamiento; por lo tanto, se confirma la hipótesis 1, ya que, a través de los datos recogidos en campo y por revisión bibliográfica y trabajo de gabinete, se demuestra su incidencia en la evaluación comparativa realizada.

6.1.2. CONTRASTACIÓN DE LA SEGUNDA HIPÓTESIS ESPECÍFICA.

Los métodos utilizados indican en el Diseño de las Obras de drenaje.

Existen varios tipos de metodologías para verificar y/o evaluar el diseño de obras hidráulicas de drenaje, esto se basa en el carácter probabilístico de la hidráulica, es decir, en la naturaleza aleatoria del principal elemento a ser analizado como es el ciclo hidrológico, pues este no depende de nosotros, sino de las relaciones del sol con la tierra, es decir de las condiciones climáticas. Y al respecto, en la zona no se cuenta con buena información histórica de precipitaciones o caudales en el río Viscas.

Es así, que las obras de drenaje pueden verificarse con datos provenientes de información estadística o empíricas, para ambos casos existen metodologías de cálculo hidráulico que basados en las fórmulas básicas de la hidráulica como son la ecuación del gasto, la ecuación de la energía o la ecuación de momento, nos proporcionan varias soluciones. En nuestro caso hemos aplicado las que recomiendan los especialistas en el área y las que recomienda la institución encargada como es el Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de sus directivas y manuales.

Entonces, de acuerdo a las características topográficas, geotécnicas e hidrológicas, se decidió plantear el método racional para el cálculo de los caudales en las quebradas para el diseño de las obras de drenaje superficial, pues teníamos áreas de las micro cuencas menores a los 50 km² y además se ajusta muy bien para el diseño de carreteras.

Podemos decir que, según lo explicado, que la hipótesis específica 2: sobre la incidencia de las metodologías en el diseño para la mejora de la transitabilidad en la carretera queda plenamente comprobado y se confirma que es aceptable dicha hipótesis.

6.1.3. CONTRASTACIÓN DE LA TERCERA HIPÓTESIS ESPECÍFICA

Los métodos utilizados mejoran el Diseño de las Obras contra inundaciones.

Para el caso de las obras contra inundaciones, se aplicaron metodologías múltiples para el cálculo del cauce estable, la de Lisvant – Levediev para el cálculo de socavación y erosión y de Isbach para el enrocado en el dique. Estas metodologías son las recomendadas por los especialistas y el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI)

Por lo tanto, la hipótesis 3 que plantea la mejora de la seguridad en la carretera Palpa – Saramarca, queda plenamente demostrada, pues la variabilidad probabilística de los métodos hidráulicos y especialmente en los ríos de la costa, nos enseña que los métodos difieren en sus resultados, razón por la cual en el presente trabajo de investigación se ha realizado además un método alternativo de verificación.

CONCLUSIONES

Luego de haber desarrollado la presente tesis, llegamos a las siguientes conclusiones:

1. Tomando en cuenta las verificaciones topográficas, de mecánica de suelos e hidrológicas, llevadas a cabo por la revisión bibliográfica, las visitas de campo y los trabajos de gabinete, podemos mencionar que los estudios básicos se ajustan a la zona de estudio y han servido para validar los datos que permiten las verificaciones de diseño de las obras de drenaje y contra inundaciones. Es evidente, que el estudio más importante es el hidrológico, en esa medida, concluimos que el caudal de diseño para las obras contra inundaciones, pese a la variabilidad de los resultados por la aplicación de diversas metodologías, entre ellas los modelos probabilísticos estadísticos de Log Normal, Gumbel y Person III o los métodos empíricos, es de $Q_{\text{diseño}} = 166.35 \text{ m}^3/\text{seg}$. Esto basado en la inconsistencia de los datos históricos proporcionados por el ALA Nazca y tomando como evidencia los desbordamientos en la zona de Saramarca en el verano del 2017. Para el caso de los caudales en las quebradas que atraviesan la carretera Palpa – Saramarca, estos fueron verificados por el Método Racional, ampliamente recomendado por los especialistas y el MTC para los estudios definitivos, en ese sentido, se concluye que los caudales no estuvieron bien calculados y fueron sub calculados, ya que las verificaciones arrojaron valores mayores en un porcentaje superior al 400% en el caso del caudal máximo para las alcantarillas ($1.05 \text{ m}^3/\text{seg}$ contra $0.24 \text{ m}^3/\text{seg}$) y de 44.30% para el valor mínimo ($0.105 \text{ m}^3/\text{seg}$ contra $0.237 \text{ m}^3/\text{seg}$).
2. En cuanto al diseño hidráulico de las obras de drenaje, tales como las alcantarillas, sin embargo, al verificarse el dimensionado de las tuberías TMC de las alcantarillas, estas dan los mismos resultados en cuanto a diámetros, esto debido a los márgenes de seguridad y a los diámetros comerciales elegidos. En cuanto al diseño hidráulico de las obras de drenaje, tales como las cunetas y badenes, no encontramos mucha variabilidad, ya que se aplicaron formulas tradicionales, tales como la fórmula de Manning para el caudal ofertado (diseño de la estructura), que se enfrentó al caudal demandado calculado anteriormente por la hidrología. Se verifico que el $Q_{\text{demandado}} < Q_{\text{ofertado}}$

3. En las verificaciones de las obras contra inundaciones, se identificó que la más adecuada era las defensas ribereñas mediante diques de encauzamiento con material homogéneo. En este caso se verificó la altura del dique, tirante máximo, borde libre, profundidad de socavación y espesor del enrocado tanto en el talud como en la uña de cimentación. Al respecto, se verificó que las medidas son diferentes, en este caso sobre elevadas en un porcentaje de 17.43%, como por ejemplo en la altura del dique entre 2.18m a 1.80m y el 25.92% en el caso de la uña de cimentación, es decir de 1.35 a 1.00m. En lo que respecta al espesor del enrocado en el talud se considera de 1.20m en ambos casos.

RECOMENDACIONES

1. Una recomendación válida, sería ampliar la investigación a la vía que abarca toda la microcuenca que es integrada con la región Ayacucho, ya que el río Viscas se inicia en el distrito de Ocaña que pertenece a Lucanas Ayacucho, luego se une con un ramal en el punto denominado Tinco y forman el río Viscas.
2. Por lo tanto, se hace necesario ampliar y/o integrar los estudios realizados en la microcuenca del río Viscas, De esta forma tendríamos información hidrológica más consistente y podríamos predecir los eventos extraordinarios para evitar daños a la infraestructura vial. También se pueden hacer estudios integrados de forma birregional.
3. Así mismo, recomendamos centralizar las investigaciones sobre obras de drenajes en carreteras para toda nuestra región Ica, y así contar con parámetros hidráulicos propios que sirvan para mejorar los estudios definitivos sobre el tema.

FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Carrión, H. y Orellana, C. (2016). Estudio del Sistema de Drenaje para la Vía Molleturo - Tres Marías - La Iberia, en la Provincia del Azuay. Tesis de Título. Cuenca - Ecuador: Universidad de Cuenca, Hidráulica
2. Benavides, R. (2009). Análisis Comparativo del Proyecto Mejoramiento de la Ruta T-35, Los Lagos, Valdivia. Tesis de Título. Valdivia - Chile: Universidad Austral de Chile, Construcción Civil.
3. Castillo, E. (2017). Evaluación Hidrológica e Hidráulica de los Drenajes Transversales en la Carretera Cocahuayco – Cocachimba – Bongará - Amazonas. Tesis Profesional. Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, Departamento de Ingeniería Civil.
4. Saldaña, P. (2014). Diseño de la Vía y Mejoramiento Hidráulico de Obras de Arte en la Carretera Loero-Jorge Chávez, inicio en el km 7.5, distrito de Tambopata, Región Madre de Dios. Tesis Profesional. Trujillo - Perú: Universidad Privada Antenor Orrego - UPAO, Departamento de Ingeniería Civil.
5. Barreto, J. (2004). Control de Erosión en Obras de Drenaje Transversal de Carreteras Ubicadas en Zonas Andinas. Tesis Profesional. Lima - Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Departamento de Carreteras.
6. Guzmán, D. (2012). Drenaje Vial, Conceptos Básicos para el diseñador Geométrico. Apuntes. Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, Colombia.
7. Céspedes M. Drenaje Subterráneo (2001). Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/291046971/DRENAJE-SUBTERRANEO>.
8. Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI (2011). Guía Instructiva de recomendaciones estructurales. Cuaderno N° 6. Primera ed. Bisbal Sanz A, editor. Lima: Litigraf EIRL.
9. Ministerio de Transporte y Comunicaciones - Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2011). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. Primera ed. Zecenarro MWN, editor. Lima - Perú: Biblioteca del MTC.
10. Ministerio de Vivienda y Construcción. Reglamento Nacional de Edificaciones RNE (2019). Primera ed. Navarro Franco H, editor. Lima - Perú: Biblioteca del

MVC.

11. Terán. R. (1998). Diseño y Construcción de Defensas Ribereñas. Tercera ed. Terán Adriazola R, editor. México D.F.: Escuela Superior de Administración de Aguas "Charles Sutton".
12. Villón, M. (2012). Hidroesta 2. Cálculos Hidrológicos - Manual del usuario. Segunda ed. Villón Béjar M, editor. Lima - Perú: Ediciones Villón.
13. Molero, E. (2013). Manual Básico de HEC-GeoRAS 10. Tercera ed. Molero Melgarejo E, editor. Granada - España: Universidad de Granada.
14. Emilse BC. Manual RIVER (2007). Primera ed. Alfaro A. T, editor. Lima - Perú: Ministerio de Agricultura y Riego - Autoridad Nacional del Agua – ANA.
15. Palma. J. (2012). Análisis de Riesgo y Vulnerabilidad en Proyectos de Carretera. Tesis Profesional. Ciudad de Guatemala - Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Departamento de Topografía y Transporte.
16. Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (2018). Ica. Resultados Definitivos Censos Nacionales de Población y Vivienda 2017. Primera ed. Castro Dominguez P, editor. Lima: INEI.
17. Cabel, J. y Castañeda, R. (2014). Proyecto de investigación en ciencias médicas - Guía de Análisis y Ejecución. Primera ed. Díaz A, editor. Lima: Editorial San Marcos.
18. Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación México: Mc Graw Hill Educación.
19. POWERDATA SOLUTIONS, S.L. Power Data (2016). [cited 2019 junio 12. Available from: <https://www.powerdata.es/>
20. Municipalidad Provincial de Palpa (2018). Plan Local de Seguridad Ciudadana 2018, Palpa – Ica - Perú. Geografía.
21. Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2018). INEI - Sistema de Información Geográfica; 2018. [cited 2019 junio 13. Available from: <http://sige.inei.gob.pe/test/atlas/>
22. Google Corporation. Google Maps Web site (2019). [cited 2019 Junio 13. Available from: <https://www.google.com/maps/place/Palpa>,
23. Ministerio de Agricultura y Riego - Autoridad Nacional del Agua (ANA) (2019).

Monitoreo de calidad del agua del río Grande.
<https://www.ana.gob.pe/noticia/presentan-resultados-de-monitoreo-de-calidad-de-agua-de-cuenca-del-rio-grande>.

24. Ministerio de Agricultura y Riego - Autoridad Nacional del Agua (ANA) (2014). Atlas de recursos hídricos del Perú. Autoridad Administrativa del Agua (AAA) Chaparra - Chincha.
25. Ministerio de Agricultura y Riego - Autoridad Nacional del Agua (ANA) (2010). Manual de Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico. Primera ed. Desconocido, editor. Lima: MINAGRI.
26. PAST-DANIDA. Manual de Estructuras (2005). Programa de apoyo al sector transporte. Mejoramiento de caminos rurales.
<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-estructuras.pdf>.

ANEXOS

TABLAS, CUADROS Y GRÁFICOS

Cálculo del caudal máximo utilizando el método Racional

Cálculo de Q
Cálculo de C
Cálculo de I

Datos para calcular Q:

Coeficiente C:

Área cuenca: has

Intensidad máxima (I): mm/hr

para una duración igual al tiempo de concentración y un período de retorno T



Resultado:

Q máximo: m³/s

Calcular
 Limpiar
 Imprimir
 Menú Principal

Archivos y resultados:

 Crear
 Accesar
 Reporte

Diseño para una relación tirante - diámetro y/d, conocido

Lugar:

Tramo:

Proyecto:

Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s

Relación (y/d):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m



Resultados:

Diámetro (d): <input type="text" value="0.5838"/> m	Perímetro mojado (p): <input type="text" value="1.5450"/> m
Tirante (y): <input type="text" value="0.5487"/> m	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.1690"/> m
Área hidráulica (A): <input type="text" value="0.2611"/> m ²	Velocidad (v): <input type="text" value="2.2751"/> m/s
Espejo de agua (T): <input type="text" value="0.2773"/> m	Energía específica (E): <input type="text" value="0.8125"/> m-Kg/Kg
Número de Froude (F): <input type="text" value="0.7486"/>	Tipo de flujo: <input type="text" value="Subcrítico"/>

Calcular
 Limpiar Pantalla
 Imprimir
 Menú Principal

Calculadora

DIMENSIONAMIENTO DE ALCANTARILLAS

NOMBRE: TESIS: "EVALUACION COMPARATIVA DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y CONTRA INUNDACIONES EN LA CARRETERA PALPA - SARAMARCA, PROVINCIA PALPA, DISTRITO PALPA, REGION ICA"

UBICACIÓN: Dpto. Ica Prov. Palpa Dist. Palpa

PROGRESIVA : KM00+865

Caudal Generado en la Quebrada (Alc-04) : **Qc= 0.254 m3** (Del Calculo de Generacion de Caudales)

$$Q = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q = Descarga (m ³ /seg)	0.594
A = Area de la sección hidráulica de la alcantarilla en m ²	0.283
n = Coeficiente de rugosidad de Manning	0.019
S = Pendiente de la cuneta (%)	0.020
R = Radio hidráulico en m (R = A / P)	0.150
P = Perímetro mojado en m	1.885

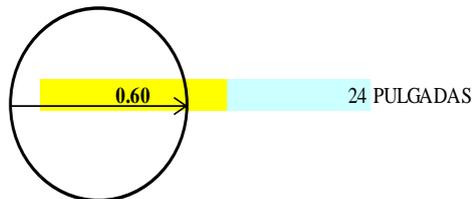
si : **Q > Qc**

Q = 0.594 > **Qc= 0.254 m3** OK!

Verificación de la Sección Hidráulica

$$Y = \left(\frac{Q * n}{\sqrt{S}} \right)^{0.6} * \frac{(b + 2y)^{0.4}}{b}$$

Y = Tirante del canal en metros	0.30	<	0.53	OK!
Q = Caudal en m ³ / seg	0.25			
b = Base del canal propuesto en metros.	0.53			
Coeficiente de Manning (n) :	0.02			
Pendiente de la Sección :S	0.02			
Tirante Propuesto :	0.53		0.532	



DIMENSIONAMIENTO DE ALCANTARILLAS

NOMBRE: TESIS: "EVALUACION COMPARATIVA DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y CONTRA INUNDACIONES EN LA CARRETERA PALPA - SARAMARCA, PROVINCIA PALPA, DISTRITO PALPA, REGION ICA"

UBICACIÓN: Dpto. Ica Prov. Palpa Dist. Palpa

PROGRESIVA : KM01+356

Caudal Generado en la Quebrada (AIC-07) : **Qc= 0.237 m3** (Del Calculo de Generacion de Caudales)

$$Q = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q = Descarga (m ³ /seg)	0.594
A = Area de la sección hidráulica de la alcantarilla en m ²	0.283
n = Coeficiente de rugosidad de Manning	0.019
S = Pendiente de la cuneta (%)	0.020
R = Radio hidráulico en m (R = A / P)	0.150
P = Perímetro mojado en m	1.885

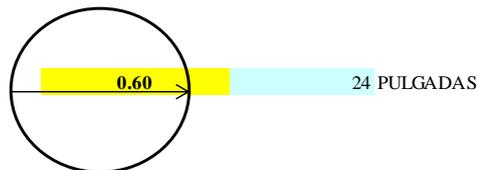
si : **Q > Qc**

Q = 0.594 > **Qc= 0.237 m3** OK!

Verificación de la Sección Hidráulica

$$Y = \left(\frac{Q * n}{\sqrt{S}} \right)^{0.6} * \frac{(b + 2y)^{0.4}}{b}$$

Y = Tirante del canal en metros	0.29	<	0.53	OK!
Q = Caudal en m ³ / seg	0.24			
b = Base del canal propuesto en metros.	0.53			
Coeficiente de Manning (n) :	0.02			
Pendiente de la Sección :S	0.02			
Tirante Propuesto :	0.53		0.532	



DIMENSIONAMIENTO DE ALCANTARILLAS

NOMBRE: **TESIS: "EVALUACION COMPARATIVA DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y CONTRA INUNDACIONES EN LA CARRETERA PALPA - SARAMARCA, PROVINCIA PALPA, DISTRITO PALPA, REGION ICA"**

UBICACIÓN: **Dpto. Ica Prov. Palpa Dist. Palpa**

PROGRESIVA : KM02+506

Caudal Generado en la Quebrada (Alc-11) : Qc= 1.050 m3 (Del Calculo de Generacion de Caudales)

$$Q = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q = Descarga (m ³ /seg)	1.752
A = Area de la sección hidráulica de la alcantarilla en m ²	0.636
n = Coeficiente de rugosidad de Manning	0.019
S = Pendiente de la cuneta (%)	0.020
R = Radio hidráulico en m (R = A / P)	0.225
P = Perímetro mojado en m	2.827

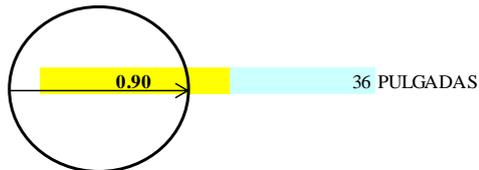
si : **Q > Qc**

Q = 1.752 > Qc= 1.050 m3 OK!

Verificación de la Sección Hidráulica

$$Y = \left(\frac{Q * n}{\sqrt{S}} \right)^{0.6} * \frac{(b + 2y)^{0.4}}{b}$$

Y = Tirante del canal en metros	0.55	<	0.80	OK!
Q = Caudal en m3 / seg	1.05			
b = Base del canal propuesto en metros.	0.80			
Coeficiente de Manning (n) :	0.02			
Pendiente de la Sección :S	0.02			
Tirante Propuesto :	0.80		0.798	



DIMENSIONAMIENTO DE ALCANTARILLAS

NOMBRE: TESIS: "EVALUACION COMPARATIVA DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y CONTRA INUNDACIONES EN LA CARRETERA PALPA - SARAMARCA, PROVINCIA PALPA, DISTRITO PALPA, REGION ICA"

UBICACIÓN: Dpto. Ica Prov. Palpa Dist. Palpa

PROGRESIVA : KM07+080

Caudal Generado en la Quebrada (Alc-23) : **Qc= 0.302 m3** (Del Calculo de Generacion de Caudales)

$$Q = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q = Descarga (m ³ /seg)	0.594
A = Area de la sección hidráulica de la alcantarilla en m ²	0.283
n = Coeficiente de rugosidad de Manning	0.019
S = Pendiente de la cuneta (%)	0.020
R = Radio hidráulico en m (R = A / P)	0.150
P = Perímetro mojado en m	1.885

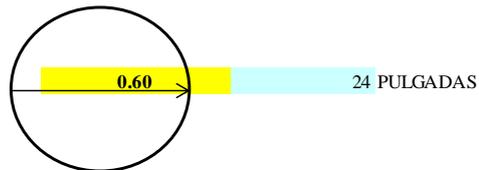
si : **Q > Qc**

Q = 0.594 > **Qc= 0.302 m3** OK!

Verificación de la Sección Hidráulica

$$Y = \left(\frac{Q * n}{\sqrt{S}} \right)^{0.6} * \frac{(b + 2y)^{0.4}}{b}$$

Y = Tirante del canal en metros	0.33	<	0.53	OK!
Q = Caudal en m ³ / seg	0.30			
b = Base del canal propuesto en metros.	0.53			
Coeficiente de Manning (n) :	0.02			
Pendiente de la Sección :S	0.02			
Tirante Propuesto :	0.53		0.532	



DIMENSIONAMIENTO DE ALCANTARILLAS

NOMBRE: TESIS: "EVALUACION COMPARATIVA DE LAS OBRAS DE DRENAJE Y CONTRA INUNDACIONES EN LA CARRETERA PALPA - SARAMARCA, PROVINCIA PALPA, DISTRITO PALPA, REGION ICA"

UBICACIÓN: Dpto. Ica Prov. Palpa Dist. Palpa

PROGRESIVA : KM10+002

Caudal Generado en la Quebrada (Alc-26) : **Qc= 0.274 m3** (Del Calculo de Generacion de Caudales)

$$Q = \frac{A * R^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Q = Descarga (m ³ /seg)	0.594
A = Area de la sección hidráulica de la alcantarilla en m ²	0.283
n = Coeficiente de rugosidad de Manning	0.019
S = Pendiente de la cuneta (%)	0.020
R = Radio hidráulico en m (R = A / P)	0.150
P = Perímetro mojado en m	1.885

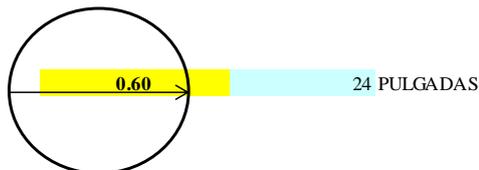
si : **Q > Qc**

Q = 0.594 > **Qc= 0.274 m3** OK!

Verificación de la Sección Hidráulica

$$Y = \left(\frac{Q * n}{\sqrt{S}} \right)^{0.6} * \frac{(b + 2y)^{0.4}}{b}$$

Y = Tirante del canal en metros	0.31	<	0.53	OK!
Q = Caudal en m ³ / seg	0.27			
b = Base del canal propuesto en metros.	0.53			
Coeficiente de Manning (n) :	0.02			
Pendiente de la Sección :S	0.02			
Tirante Propuesto :	0.53		0.532	

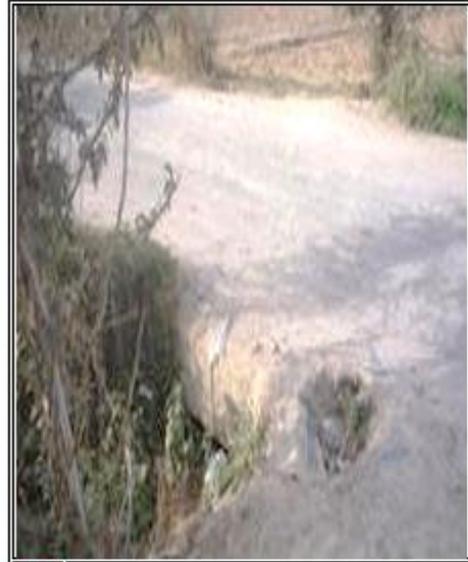


PANEL FOTOGRÁFICO



F-01

ALCANTARILLA DE CONCRETO EXISTENTE
EN PROGRESIVA 0 + 040



F-02

ALCANTARILLA DE CONCRETO EXISTENTE EN
PROGRESIVA 0 + 285



F-05

ALCANTARILLA DE CONCRETO EXISTENTE
EN PROGRESIVA 0 + 382



F-06

ALCANTARILLA DE CONCRETO EXISTENTE EN
PROGRESIVA 0 + 605



F-07

ALCANTARILLA PROYECTADA EN
PROGRESIVA 0 + 760



F-08

ALCANTARILLA PROYECTADA EN
PROGRESIVA 0 + 800



F-13

ALCANTARILLA DE CONCRETO EXISTENTE
EN PROGRESIVA 1 + 678



F-14

ALCANTARILLA PROYECTADA EN
PROGRESIVA 2 + 020



F-29

ALCANTARILLA PROYECTADA EN
PROGRESIVA 5 + 230



F-30

ALCANTARILLA PROYECTADA EN
PROGRESIVA 5 + 420



Foto32

Tramo de carretera dañado por la inundación deslizamientos en la
Progresiva 12+950 al 13+140.